LEÇONS SUR LA PHYSIOLOGIE ET L'ANATOMIE COMPARÉE DE L'HOMME ET...



LEÇONS

SUR

LA PHYSIOLOGIE

ET

L'ANATOMIE COMPARÉE

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

PAR

H. MILNE EDWARDS

C[m].L.H.; C[m].R.; C.O.M.P.; C.L.N.; C.E.P.; C.C.

Doyen de la Faculté des sciences de Paris, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle;

Membre de l'Institut (Académie des sciences);
des Sociétés royales de Londres et d'Édimbourg; des Académies de Stockholm,
de Saint-Pétersbourg, de Berlin, de Königsberg, de Copenhague, d'Amsterdam, de Bruxelles,
de Vienne, de Hongrie, de Bavière, de Turin, de Bologne et de Naples; des Curieux de la nature
de l'Allemagne; de la Société Hollandaise des sciences; de l'Académie Américaine;

De la Société des Naturalistes de Moscou;
des Sociétés des sciences d'Upsal, de Gœttingue, Munich, Göteborg,
Liége, Somerset, Montréal, l'île Maurice; des Sociétés Linnéenne et Zoologique de Londres;
des Académies des sciences naturelles de Philadelphie et de San-Francisco;
du Lycéum de New-York;
des Sociétés Entomologiques de France et de Londres; des Sociétés Anthropologique
de Londres et Ethnologiques d'Angleterre et d'Amérique;
de l'Institut historique du Brésil;

De l'Académie de Médecine de Paris;
des Sociétés médicales d'Édimbourg, de Suède et de Bruges; de la Société des Pharmaciens
de l'Allemagne septentrionale;

Des Sociétés d'Agriculture de France, de New-York, d'Albany, etc.

TOME DIXIÈME

DEUXIÈME PARTIE. — Apparell de la locomotion.

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

M DCCC LXXIV

Tissu osseux ; sa composition chimique.

§ 3. — Le tissu osseux est formé principalement d'une substance très-dure, composée de sels calcaires combinés avec une matière organique azotée, qui est susceptible de se transformer en gélatine par l'action de l'eau à une température élevée, et qui est désignée par quelques auteurs sous le nom d'*osséine* (1). L'analyse chimique montre que les matières minérales associées à cette substance animale, consistent principalement en phosphate basique de chaux (2), mais qu'elles renferment aussi

(1) Les premières notions relatives à l'existence d'une matière susceptible de fournir de la gelée dans le tissu osseux sont dues à Papin, et datent d'environ 1680 (*a*); mais ce fut Hérissant qui, vers le milieu du siècle suivant, fit connaître le caractère chimique essentiel de ce tissu. En effet, il constata que les os, traités par de l'acide azotique étendu d'eau, abandonnent une matière calcaire et laissent intacte une substance organique qui conserve la forme du corps dont elle provient, mais qui est flexible et ressemble à un cartilage (*b*). Pendant longtemps les chimistes confondirent cette substance organisée avec la gélatine qu'on en obtient au moyen de la coction dans l'eau, et par conséquent, dans les ouvrages de chimie un peu anciens, on parle toujours des os comme étant composés de gélatine et de sels calcaires. Mais aujourd'hui on s'accorde à reconnaître que la gélatine n'est pas un principe immédiat existant dans le tissu osseux, mais un dérivé de la substance animale qui constitue la partie organique de celui-ci, et qui est assez communément désignée sous le nom d'*osséine*. La gélatine qui en dérive est soluble dans l'eau bouillante, et sa dissolution se prend en gelée par le refroidissement, lors même qu'elle ne s'y trouve que dans la proportion de 1 pour 100. Elle forme des composés insolubles avec l'acide tannique, le bichlorure de mercure, et sa composition élémentaire est la même que celle de l'osséine (*c*). Elle renferme environ 50 pour 100 de carbone et 18,4 d'azote; on y trouve aussi des traces de soufre. Mais, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut attacher que peu d'importance aux formules chimiques par lesquelles on a cherché à la représenter.

(2) Ghan fut le premier à constater que la matière terreuse des os est composée principalement de phosphate de chaux (*d*), fait qui fut mis également en lumière par les recherches de Scheele (*e*).

(*a*) Papin, *Sur la manière d'amollir les os, etc.*

(*b*) Hérissant, *Éclaircissements sur l'ossification* (*Hist. de l'Acad. des sciences*, 1758, p. 322).

(*c*) Chevreul, *De l'influence que l'eau exerce sur plusieurs substances azotées solides* (*Ann. de chimie et de physique*, 1821, t. XIX, p. 48).

— Marchand, *Ueber die chem. Zusamensetzung der Knochen* (*Journ. für prakt. Chem.*, 1842, t. XXVII, p. 85).

— Fremy, *Op. cit.*

(*d*) Voyez Macquer, *Dict. de chimie*, t. III, p. 68, édit. de 1778.

(*e*) Scheele, *Untersuchung des Flusspates* (*Abhandl. der Schwedischen Akad. der Wissensch.*, 1771, t. XXXII, p. 129).

du carbonate de chaux (1), du phosphate de magnésie (2), et quelques autres sels (3), de l'eau (4), de la graisse, etc.

Les proportions suivant lesquelles ces différents corps se trouvent réunis dans les os varient considérablement chez les Animaux, et même dans les diverses parties du squelette soumises à l'analyse (5). Ainsi Berzelius a trouvé dans un os humain,

(1) La découverte de l'existence du carbonate de chaux dans les os appartient à Hatchett (*a*).

(2) Fourcroy et Vauquelin y trouvèrent le phosphate de magnésie (*b*).

(3) La présence du fluorure de calcium fut signalée d'abord dans l'ivoire fossile par Moricchini (*c*), puis dans le tissu des os par Berzelius (*d*); mais elle fut révoquée en doute par plusieurs chimistes, jusqu'à ce que M. Fremy l'eût établie d'une manière indiscutable (*e*).

(4) Les os, malgré leur dureté, contiennent des liquides en quantité considérable, et quelques chimistes ont cherché à doser la proportion d'eau qui s'y trouve; mais elle est très-variable, et, ainsi qu'on pouvait le prévoir, il y a plus d'eau dans les os spongieux que dans les os compactes (*f*). Stark a trouvé dans les derniers de 3 à 7 centièmes d'eau, tandis que dans les premiers il a trouvé de 12 à 30 pour 100.

(5) Les travaux relatifs à la composition chimique des os sont nombreux; indépendamment de ceux indiqués ci-dessus, je citerai les suivants (*g*).

(*a*) Hatchett, *Experiments on Shell and Bone* (*Philos. Trans.*, t. LXXXIX, p. 315).

(*b*) Fourcroy et Vauquelin, *Sur la présence d'un nouveau sel phosphorique trouvé dans les os des Animaux* (*Ann. de chimie*, 1803, t. LXVII, p. 244).

(*c*) Moricchini, *Mem. de mathem. e di fisica*, 1805, t. X, p. 164.

— Gay-Lussac, *Lettre sur la présence de l'acide fluorique dans les substances animales* (*Ann. de chimie*, 1805, t. LV, p. 258).

(*d*) Berzelius, *Lettre sur le fluate calcaire contenu dans les os* (*Ann. de chimie*, 1807, t. LXIV, p. 256).

(*e*) Fremy, *Recherches chimiques sur les os* (*Ann. de chimie et de physique*, 1855, t. XLIII, p. 47).

(*f*) Nasse, *Ueber die Bestandtheile der Knochen in einigen Krankheiten* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1842, p. 274).

— Stark, *Chemical Constitution of the Bones of Vertebrated Animals* (*Edinb. Med. and Surg. Journal*, 1845, t. LXIII, p. 308).

— Rees, *Proportions of animal and earthy Matter in Human Bones* (*London and Edinb. Phil. Mag.*, 1838, t. XIII, p. 135).

— Bibra, *Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne der Menschen und der Wirbelthiere*, 1844.

— Marchand, *Ueber die chemische Zusammensetzung der Knochen* (*Journ. f. prakt. Chemie*, 1842, t. XXVII, p. 85).

— Fremy, *Recherches chimiques sur les os* (*Ann. de chimie et de physique*, 1855, t. XLIII, p. 47).

(*g*) Méral-Guillot, *Analyse comp. des os* (*Ann. de chimie*, 1800, t. XXXIV, p. 68).

— A. von Bibra, *Das chemische Skelett der Wirbelthiere* (*Zeitschr. für wissensch. Zoologie*, 1858, t. IX, p. 210).

— Alph. Milne Edwards, *Études chimiques et physiologiques sur les os* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1860, t. XIII, p. 113).

débarrassé de la graisse et du périoste : phosphate de chaux basique avec un peu de fluorure de calcium, 53,04 ; carbonate de chaux, 11,30 ; phosphate de magnésie, 1,16 ; soude avec très-peu de chlorure de sodium, 1,20 ; cartilage soluble dans l'eau, 32,17 ; vaisseaux, 1,13 pour 100. Dans les expériences de Bibra, faites sur des os de Chevreuil, la proportion de matières organiques n'était que d'environ 31 pour le fémur, tandis qu'elle dépassait 52 dans les vertèbres et dans les côtes. Le même chimiste a constaté que dans les os longs du Coq ces substances n'entrent que pour environ 27 centièmes du poids total, tandis que dans les os du Saumon, elles existent dans la proportion de 60 pour 100.

Au premier abord, ces variations sembleraient indiquer que les matières minérales et les principes immédiats organiques sont simplement à l'état de mélange dans le tissu osseux, et que le phosphate de chaux notamment n'y forme pas avec l'osséine un composé chimique à proportions définies ; mais, lorsqu'on examine les faits de plus près, on arrive à un résultat contraire, et l'on se trouve conduit à penser que les différences accusées par l'analyse dépendent principalement de ce que les os sur lesquels les chimistes ont opéré sont des organes complexes contenant des vaisseaux et d'autres parties molles, aussi bien que du tissu osseux, et cela en proportions très-variables. Effectivement, la substance osseuse, séparée de ces parties accessoires, paraît être essentiellement un composé chimique d'osséine et de phosphate basique de chaux, composé qu'on peut former artificiellement et qu'on trouve alors constitué d'environ une partie de matière animale associée à 4 parties de matières terreuses (1).

(1) Ce composé de phosphate calcaire et de gélatine a été découvert par M. Frerichs, et étudié ensuite par M. Alphonse Milne Edwards, qui le prépare en versant du chlorure de calcium dans une dissolution de phos-

Le phosphate de magnésie se comporte de la même manière avec de la gélatine (1), mais le carbonate de chaux ne s'y combine pas en quantité notable, et ce sel ne paraît remplir qu'un

phate de chaux mêlée à de la gélatine (*a*). Or, la quantité de phosphate terreux que l'on trouve dans les os, comparée à la proportion de l'osséine, est toujours moins grande, et l'écart est d'autant plus considérable, que les divers tissus associés à la substance osseuse sont plus abondants. Ainsi c'est dans les os longs et pneumatiques des Oiseaux que les matières étrangères à la substance fondamentale du tissu osseux sont en moindre quantité. Or, dans l'un de ces os (*b*), l'analyse a indiqué l'existence de 70 parties de phosphate calcaire, de 1 partie de phosphate de magnésie et de 1 partie de tissu organique, associées à 7 parties de carbonate de chaux, à de la graisse, etc.; ce qui correspond à environ 75 parties de phosphate terreux pour 25 parties de tissu dit cartilagineux, lequel est composé essentiellement d'osséine. En général la proportion des phosphates est moindre, ce qui s'explique par la présence de corps étrangers à la substance osseuse en proportion plus grande.

Lorsque les animaux ne trouvent pas dans leurs aliments une quantité suffisante de phosphate de chaux, leurs os perdent de leur solidité et peuvent même devenir très-fragiles (*c*). Mais ce changement ne paraît pas dépendre de ce que le tissu osseux lui-même soit devenu plus pauvre en sels terreux, ainsi qu'on pouvait le supposer d'après quelques expériences de Bibra (*d*). Ce tissu diminue de quantité, et les parties restantes conservent leur composition normale (*e*).

(1) D'après quelques analyses faites par M. Boussingault, la proportion de phosphate de magnésie paraîtrait être plus grande chez les Cochons nouveau-nés que chez les individus âgés de quelques mois (*f*). Je ferai remarquer cependant que chez les Pigeons, la proportion de ce sel terreux n'augmente pas sous l'influence d'un régime fournissant à l'économie de la magnésie en grande surabondance (*g*).

Dans une expérience du même genre, faite plus récemment sur un jeune Rat, M. Papillon a trouvé dans la substance osseuse calcinée plus de 3 centièmes de magnésie, et, sous l'influence prolongée d'aliments contenant beaucoup d'alumine, ce physiologiste a trouvé dans les os calci-

(*a*) Frerichs, *Ueber die chemische Zusammensetzung der menschlichen Knochen* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1842, t. XLIII, p. 253).
— Alph. Milne Edwards, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1860, t. XIII, p. 149).

(*b*) Le tibia d'un Vanneau analysé par Bibra (*Op. cit.*, p. 210).

(*c*) Chossat, *Note sur les effets qui résultent, relativement au système osseux, de l'absence de substances calcaires dans les aliments* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842, t. XIV, p. 451).

(*d*) Bibra, *Op. cit.*, p. 58.

(*e*) Alph. Milne Edwards, *Expériences sur la nutrition des os* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1861, t. XV, p. 255).

(*f*) Boussingault, *Économie rurale*, 1851, t. II, p. 441.

(*g*) Alph. Milne Edwards, *Sur la nutrition des os* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XIII, 1860).

rôle très-secondaire dans la constitution des os. Il est en faible proportion chez les jeunes individus ainsi que dans les parties osseuses de nouvelle formation, et il devient plus abondant avec les progrès de l'âge ; la quantité relative en est aussi plus grande dans les os spongieux que dans le tissu osseux compacte (1). Il y a même quelques raisons de croire que le carbonate calcaire est un produit excrémentitiel provenant de la décomposition du phosphate basique de chaux par l'acide carbonique des liquides de l'économie animale (2), plutôt qu'une des parties constitutives essentielles du tissu osseux (3).

nés : chaux, 41,1 ; alumine, 6,92. Il en conclut que le résultat négatif obtenu par M. Alph. Milne Edwards dépendait de la non-absorption de la matière terreuse (*a*).

Dans quelques états pathologiques accompagnés de désorganisation des os, la proportion de phosphate de magnésie s'élève beaucoup (*b*), fait qui semble indiquer que dans ce cas le composé du phosphate calcaire est détruit plus rapidement que ne l'est le composé magnésien.

(1) Ainsi M. Fremy a trouvé la proportion de phosphate de chaux à peu près la même chez des individus de différents âges, tandis que la proportion du carbonate calcaire n'était que de 2,2 chez de très-jeunes enfants, mais s'élevant à 9 ou même 10 chez des adultes et des vieillards (*c*). Des différences analogues ont été constatées chez des Chiens et des Chats (*d*). M. Alph. Milne Edwards assure aussi que les os hypertrophiés rapidement contiennent moins de carbonate calcaire que dans l'état normal (*e*).

(2) La décomposition du phosphate basique de chaux par l'acide carbonique a été constatée par M. Dumas et par quelques autres expérimentateurs (*f*).

(3) Cette opinion, émise par M. Alphonse Milne Edwards, est appuyée sur des considérations que je ne puis exposer ici, faute de place ; je me bornerai à citer le fait suivant : Deux fragments du même os furent analysés

(*a*) Papillon, *Recherches expérimentales sur les modifications de la composition immédiate des os* (*Journ. de l'anat. et de la physiol. de l'Homme, etc.*, 1870-1871, t. VII, p. 152).

(*b*) Voyez Fr. Simon, *Animal Chemistry*, t. II, p. 406.

(*c*) Fremy, *loc. cit.*

(*d*) Alph. Milne Edwards, *loc. cit.*, p. 153.

(*e*) Idem, *ibid.*, p. 190.

(*f*) Dumas, *Note sur le transport du phosphate de chaux dans les êtres organisés* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXIII, p. 1018).

— Lassaigne, *Lettre à M. Dumas concernant l'action de l'eau saturée d'acide carbonique sur le phosphate de chaux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXIII, p. 1019). — *Mém. sur le mode de transport du phosphate et du carbonate de chaux dans les organes des plantes, etc.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1849, t. XXV, p. 346).

— Alph. Milne Edwards, *loc. cit.*, p. 160.

Structure intime des os.

§ 4. — Le tissu osseux, observé au microscope (1), se montre composé principalement : 1° d'une substance fondamentale, généralement blanchâtre (2) et grenue (3) 2° d'une multitude de petites cavités (4) qui donnent naissance à des

comparativement, l'un sans avoir subi d'altération préalable, l'autre après avoir été pendant quatre jours attaqué par de l'eau chargée d'acide carbonique. Or, le premier fournit, pour 100 parties d'os, 56,7 de phosphate de chaux, etc., et 8,5 de carbonate de chaux ; dans le second, la proportion du phosphate calcaire était réduite à 42,8, tandis que dans le carbonate de chaux elle s'était élevée à 12,5 (*a*). J'ajouterai que dans la substance des exostoses analysées par Simon, la proportion de carbonate de chaux a varié entre 2,7 et 0,62 pour 100 (*b*).

(1) L'étude de la structure intime des os, commencé, par Leeuwenhoek et Havers (*c*), ne fit que peu de progrès jusqu'au moment où Purkinje y appela de nouveau l'attention (*d*). Parmi les travaux les plus récents sur ce sujet, je citerai principalement ceux des auteurs dont la liste est donnée ici (*e*).

(2) Chez les Poissons de la famille des Brochets appelés Orphies, ou *Esox Belone*, et chez les *Lepidosiren*, la substance fondamentale des os est de couleur verte.

(3) Lorsqu'on examine cette substance avec un microscope dont le pouvoir amplifiant n'est pas très-considérable, elle paraît homogène ; mais en employant des lentilles d'une puissance suffisante, on parvient souvent à voir qu'elle se compose de granulations très-fines (*f*).

(4) Lorsqu'on observe au microscope des lames minces du tissu osseux, ces cavités, remplies d'air ou d'autres matières étrangères, se présentent d'ordinaire avec l'apparence de taches opaques, et c'est pour cette raison que jusque dans ces derniers temps beaucoup d'histologistes les appelaient des *corpuscules osseux* (*g*). En 1842, Serres et Doyère constataient que ces prétendus cor-

(*a*) Alph. Milne Edwards, *Op. cit.*, p. 102.
(*b*) Fr. Simon, *Animal Chemistry*, t. II, p. 412.
(*c*) Leeuwenhoek, *Philos. Trans.*, 1678, p. 1002. — *Opera omnia*, t. I, pars 2.
— Havers, *Osteologia nova*, 1692.
(*d*) Deutsch, *De penitiori ossium structura* (dissert. inaug.) Breslau, 1834.
(*e*) J. Muller, *Elements of Physiology*, t. II, p. 394.
— Drummond, *On the lacunæ of Bones* (*Monthly Journ.*, 1852, t. XIV, p. 283).
— Tomes, art. OSSEOUS TISSUE (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. III, p. 847).
— Tomes and C. de Morgan, *On the Structure and Development of Bone* (*Philos. Trans.*, 1853, p. 109). — *Observations sur le développement de la substance et du tissu des os* (*Mém. de la Soc. de biologie*, 1850, t. II, p. 119).
— Robin, *Note sur les cavités caractéristiques des os* (*Mém. de la Soc. de biologie*, 2e série, 1856, t. III, p. 181).
— Rollet, *Bindensubstanzen* (Stricker's *Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen and der Thiere*, 1868, p. 84 et suiv.).
(*f*) Tomes et C. de Morgan, *loc. cit.*, p. 120, pl. 7, fig. 16.
(*g*) Voyez Mandl, *Anatomie microscopique*, 1842, t. I, p. 121.

canalicules très-fins, et qui renferment chacune une cellule, ou *protoblaste*, contenant une matière *granuleuse* et souvent un noyau (1). Les canalicules osseux partent de la cellule en divergeant dans tous les sens, et vont s'anastomoser avec ceux des cellules adjacentes, ou s'ouvrir soit à la surface externe de l'os, soit dans des cavités contenant des vaisseaux sanguins, des nerfs, etc. Les canaux qui donnent passage aux vaisseaux sanguins sont désignés sous le nom de *canaux de Havers* (2), et d'ordinaire la substance fondamentale, avec ses cellules et ses canalicules, forme autour de chacun d'eux un certain nombre

puscules sont des cavités (*a*), fait confirmé ultérieurement par M. Virchow, auquel les histologistes allemands attribuent le mérite de la découverte (*b*).

(1) Par une macération prolongée dans de l'acide chlorhydrique, ainsi que par d'autres moyens analogues, on peut parvenir à isoler les cellules étoilées du tissu osseux (*c*). Les utricules obtenus de la sorte ont des parois menues, mais résistantes, et conservent exactement les formes qu'ils avaient dans la substance osseuse non décalcifiée. Dans l'état normal, ces cavités sont occupées par un liquide visqueux.

(2) Havers, médecin anglais du XVII[e] siècle, fut le premier à insister sur ces canaux vasculaires, mais il ne les décrivit que d'une manière fort obscure (*d*).

Quelques auteurs désignent sous le nom de *canalicules médullaires* les conduits vasculaires dont il est ici question.

Les principaux troncs du système vasculaire des os pénètrent dans ces organes par des orifices particuliers appelés *trous nourriciers*. Les veines sont beaucoup plus grosses que les artères ; quelques-unes d'entre elles accompagnent celles-ci, mais d'autres occupent des canaux particuliers et

(*a*) Serres et Doyère, *Coloration des os* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842, t. XIV, p. 296).

(*b*) Kölliker, *Éléments d'histologie*, édit. de 1868, p. 237.

(*c*) Virchow, *Beob. über Knochen-und Knorpel Körperchen* (*Würzburger Verhandlungen der Physik. med. Gesellschaft.*, 1850, t. I, p. 193).

— A. Forster, *Ueber die Isolirbarkeit der Knochen-Knorpel* (*Archiv für path. Anat.*, t. XVIII, p. 170).

— Hoppe, *Ueber die Gewebselemente der Knorpel-Knochen and Zähne* (*Arch. f. path. Anat.*, 1853, t. V, p. 179).

— Furstenberg, *Ueber einige Zellen mit verdickten Wänden im Thierkörper* (Müller's *Archiv für Anat.*, 1857, p. 1).

— Lachmann, *Ueber Knorpel Zellen* (*Arch. für Anat.*, 1857, p. 15).

— Rouget, *Note sur les corpuscules des os* (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 764).

— Neumann, *Zur Kenntniss des normalen Zahnbein-und-Knochengewebes*, 1863, p. 42.

— Kölliker, *Éléments d'histologie*, 2[e] édit., 1868, p. 251.

(*d*) Havers, *New Observations of the Bones and the Parts belonging to them*, 1691.

de couches concentriques (1). Enfin on trouve encore très-souvent, soit dans ces canaux, soit dans d'autres cavités de forme irrégulière, une substance molle appelée *moelle*, et composée en partie de tissu conjonctif très-lâche, en partie d'utricules adipeux, en partie de cellules spéciales, dites *médullaires*.

Développement du tissu osseux.

Pour bien saisir les caractères des dernières modifications qu'on remarque dans la structure des os, il est très-utile d'étudier d'abord le mode de développement du tissu constitutif de ces organes (2). Ainsi que je l'ai déjà dit, ce tissu naît dans le sein de la substance conjonctive, et l'on doit le considérer

communiquent avec le système vasculaire du périoste. Breschet en a fait une étude attentive chez l'Homme (*a*).

Le nombre des canalicules de Havers est d'autant plus grand, que le tissu osseux est plus jeune, et leur dimension, au contraire, va en augmentant avec l'âge (*b*).

(1) La substance fondamentale des os est par conséquent stratifiée, et ce sont les couches superposées de ce tissu dont les anciens histologistes parlent sous le nom de *lamelles osseuses*. Elles peuvent constituer deux systèmes, dont l'un entoure les canaux vasculaires, et l'autre est disposé parallèlement aux surfaces de l'os. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux ouvrages spéciaux sur l'histologie (*c*).

J'ajouterai que les systèmes primaires de stratification dépendants des canaux de Havers ne se rencontrent pas toujours d'une manière complète, et laissent souvent entre eux des lacunes de formes irrégulières qu'il ne faut pas confondre avec les cavités médullaires, et qu'on a désignées sous le nom d'*espaces haversiens* (*d*).

(2) Duhamel du Monceau fut le premier à étudier expérimentalement le mode d'accroissement des os, sujet qui fut repris ensuite par Troja, et plus récemment par Flourens et quelques autres physiologistes (*e*). Pour élucider ce point, la plupart de ces auteurs se sont servis principalement de l'action colorante exercée sur la substance osseuse par la garance introduite dans les fluides nourriciers par les voies digestives. Ainsi que je l'ai déjà dit, ils interprétaient mal ce phénomène, mais ils en tirèrent néanmoins des données précieuses, car la coloration du tissu opérée sous le régime

(*a*) Breschet, *Recherches anatomiques, physiologiques et pathologiques sur le système veineux*, 1829.

(*b*) Dubreuil, *Note pour servir à l'étude du développement des os* (*Journal d'anatomie* de Robin, 1872, t. VIII, p. 75).

(*c*) Kölliker, *Éléments d'histologie*, 2ᵉ édit., 1869, p. 342 et suiv.

(*d*) Tomes et C. de Morgan, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1853, p. 111).

(*e*) Duhamel, *Sur une racine qui a la faculté de teindre en rouge les os des Animaux vivants*

comme en étant un dérivé direct ou secondaire (1). Dans le premier cas, les cellules arrondies de la substance conjonctive se transforment en cellules étoilées, et deviennent des *proto-*

de cette matière tinctoriale permet de distinguer les parties qui existent à ce moment et celles dont la formation a lieu ultérieurement (*a*).

L'étude histologique du mode de développement du tissu osseux a été, dans ces dernières années, l'objet de beaucoup de travaux, parmi lesquels je renvoie aux suivants (*b*). J'indique plus loin les recherches relatives au mode d'accroissement des os

(1) On a donné le nom de *fibres perforantes*, ou de *fibres de Sharpey*, à des faisceaux de cette substance conjonctive qui traversent les lamelles osseuses constituées par les couches de cellules étoilées avec leurs canalicules, et qui en restent plus ou moins dis-

(*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1739, p. 1). — Même recueil, 1741. — *Sur le développement et la crue des os des Animaux* (même recueil, 1742, p. 354). — *Op. cit.*, 1743.

— Troja, *De novorum ossium regeneratione*, 1775.

— Hunter, *Œuvres*, t. IV, p. 409.

— Flourens, *Recherches sur le développement des os et des dents* (*Archives du Muséum d'hist. nat.*, 1841, t. II, p. 315).

— Brullé et Hagueny, *Expériences sur le développement des os des Mammifères et des Oiseaux faites au moyen de l'alimentation par la garance* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. IV, p. 283).

— Ollier, *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, 1867, t. I, p. 63 et suiv.

(*a*) Voyez tome VIII, page 126, note 1.

(*b*) Schwann, *Mikrosk. Untersuch.*, 1839, p. 35.

— G. H. Meyer, *Ueber die Bedeutung der Knochenkörperchen* (Müller's *Archiv*, 1841, p. 210).

— Todd and Bowman, *Physiological Anatomy and Physiology of Man*, 1843, t. I, p. 113 et suiv.

— Robin, *Op. cit.* (*Mém. de la Soc. de biologie*, 1850, t. I, p. 119).

— Bruch, *Beitr. zur Entwick. des Knochensystem* (*Denkschr. der Schweizer naturf. Gesellschaft*, 1852, t. XII).

— Williamson, *Investigations into the Structure and Development of the Scales and Bones of Fishes* (*Philos. Trans.*, 1851).

— Tomes and C. de Morgan, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1853, p. 1230).

— Bauer, *Zur Lehre von der Verknöcherung des primordialen Knorpels* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1857, p. 347).

— H. Müller, *Ueber die Entwickelung der Knochensubstanz nebst Bemerkungen über den Bau rachitischer Knochen* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1858, t. IX, p. 147).

— Rouget, *Développement et structure du système osseux*, 1856. — *Sur les conditions de l'ostéogénie avec ou sans cartilage préexistant* (*Journ. de l'anatomie et de la physiologie de l'Homme*, 1864, t. I, p. 514).

— Lieberkühn, *Ueber die Ossification* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1860, p. 824). — *Ossification des hyaloiden Knorpels* (*Op. cit.*, 1862, p. 702). — *Weitere Beitr. zur Lehre von der Ossification* (*Op. cit.*, 1863, p. 614). — *Ueber Knochenwachsthum* (*Op. cit.*, 1864, p. 598).

— Ranvier, *Considérations sur le développement du tissu osseux*, 1865.

— Waldeyer, *Ueber den Ossificationsprocess* (*Archiv für mikrosk. Anat.*, t. I, p. 354, pl. 32). — *Ueber das Wachstum des Sternzapfens der Geweiteb* (*Op. cit.*, 1865, p. 404).

— Landois, *Ueber den Ossificationsprocess* (*Med. Centralbl.*, 1865, p. 18). — *Untersuch. über die Bindesubstanz und der Verknöcherungsprocess derselben* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1866, t. XVI, p. 13).

— Rambaud et Renault, *Origine et développement des os*, 1864.

— E. Joly, *Études sur la structure, le développement, la nutrition et la régénération des os*. Strasbourg, 1864.

blastes, dont j'ai parlé précédemment ; la substance fibreuse du même tissu, s'unissant à de la matière terreuse, donne naissance à la substance fondamentale ou canaliculée de l'os. Dans le second cas, la formation du tissu osseux est précédée par le développement d'un cartilage (1) dont la substance intercellulaire est consolidée par le dépôt des matières terreuses, et dont les cellules ou capsules donnent parfois naissance à un essaim de jeunes utricules qui sont de deux sortes : les uns deviennent en général des cellules médullaires, les autres des *ostéoblastes* ou cellules ostéogènes (2). Ces dernières se gar-

tinctes, à peu près comme les rayons médullaires de la tige, dans les plantes dicotylédonées, au milieu des couches concentriques du bois (*a*).

(1) La plupart des parties du squelette se constituent d'abord à l'état cartilagineux et ne s'ossifient qu'ultérieurement. Les anatomistes ont été partagés d'opinion au sujet de la manière dont ce changement s'opère : suivant les uns, le cartilage se transformerait directement en os (*b*) ; tandis que d'autres n'attribuaient au premier de ces tissus qu'un rôle transitoire (*c*). M. Robin, qui a publié sur ce sujet un travail intéressant, admet que la formation des os peut avoir lieu de deux manières principales. Dans le premier cas, la substance de l'os est précédée de cartilage dans l'épaisseur duquel elle se développe, et elle remplace celui-ci, qui disparaît. Dans le second cas, la trame cartilagineuse homogène se combine avec les matières calcaires à mesure qu'elle se forme. Il nomme le premier de ces phénomènes ostéogéniques, *formation osseuse par substitution* ; le second, *formation osseuse par envahissement* (*d*). Il est aussi à noter que dans certains cas la substitution, au lieu d'être intermoléculaire, se fait par juxtaposition, en sorte que la couche osseuse se superpose au cartilage transitoire. Nous en verrons des exemples dans les prochaines Leçons.

(2) Chez beaucoup de Poissons, le tissu osseux est dépourvu de cellules radiées ou corpuscules osseux. M. Köl-

(*a*) Voyez à ce sujet :

— Sharpey, dans Quain, *Anat.*, 6e édition, p. 12.

— H. Müller, *Ueber Sharpey's durchborende Fasern im Knochen* (*Würzburg. Naturh. Zeitschr.*, t. I, p. 296, et t. IX, p. 29).

— Kölliker, *Ueber die grosse Verbreitung der perforating fibres von Sharpey* (*Würzburg Zeitschr.*, t. I, p. 306).

(*b*) Howship, *Experiments and Observations on the Formation of Bone* (*Med.-chir. Trans.*, 1813, t. VI).

— Müscher, *De inflammatione ossium eorumque anatome generali*. Berlin, 1836.

(*c*) Voyez Kölliker, *Op. cit.*, p. 275.

(*d*) Robin, *Observ. sur le développement de la substance et du tissu des os* (*Mém. de la Soc. de biologie*, 1850, t. II, p. 121).

nissent de prolongements, se transforment en cellules étoilées, et produisent autour de chacune de leurs branches la substance osseuse granuleuse dont se composent les parois des canalicules servant de gaînes aux prolongements cytoblastiques dont je viens de parler et constituant la substance fondamentale de l'os (1). Cette substance fondamentale doit donc être considérée comme un produit exogène des ostéoblastes nés dans l'extérieur des cellules cartilagineuses ou formés directement dans les mailles du tissu conjonctif. Quoi qu'il en soit à cet égard, le travail ostéogénique s'établit d'abord autour des vaisseaux nourriciers de la partie en voie de développement, et lorsque ses produits ont envahi la totalité des espaces intermédiaires, il se continue pendant plus ou moins longtemps à la surface extérieure de l'os constitué de la sorte. Il en résulte que les parties de nouvelle formation sont placées extérieurement à celles développées précédemment au-dessous de la couche superficielle de tissu conjonctif dont se compose la tunique appelée *Périoste* (2).

liker a fait voir que ce mode d'organisation est beaucoup plus commun que ne le supposaient ses prédécesseurs (*a*).

(1) La structure intime du tissu osseux présente chez les Animaux des modifications plus ou moins importantes qui dépendent en partie de la conformation des cellules et de leurs prolongements (*b*).

(2) En général, on distingue dans le *périoste* deux couches : l'une superficielle, composée principalement de tissu conjonctif peu modifié et renfermant la plupart des vaisseaux sanguins et des nerfs propres à cette tunique ; l'autre formée de fibres élastiques, retenues en réseaux très-serrés, membraniformes et superposés. Toutes ces parties adhèrent intimement entre elles. L'épaisseur du périoste varie beaucoup, suivant les parties du corps qu'il occupe.

(*a*) Kölliker, *On the different Types in the microscopic Structure of the Skeleton of Osseous Fishes* (*Proceed. Royal Society*, 1859).

(*b*) Bowerbank, *Microscop. Observ. on the Structure of the Bones of* Pterodactylus *and other Fossil Animals* (*Quart. Journ. of the Geol. Soc.*, 1848, t. IV, pl. 1 et 2).

— Quekett, in *Descript. and illustr. Catal. of the Histological Series contained in the Museum of the R. College of Surgeons*, vol. II.

— Leydig, *Traité d'histologie*, p. 173 et suiv.

En général, le jeune tissu osseux doit même être considéré comme un produit de l'activité physiologique de cette enveloppe, car on le voit naître à la face interne de fragments de cette membrane qui ont été séparés de l'os, pourvu que ces fragments soient placés dans des conditions telles qu'ils puissent continuer à vivre (1). Du reste, ce n'est pas le périoste lui-même qui se transforme en os, mais une couche de substance blastémique qui en tapisse la face externe, et qui est comparable à la couche muqueuse sous-épidermique qui revêt extérieurement le derme cutané (2).

Le tissu osseux ainsi formé est d'abord plus ou moins compacte, et parfois il reste dans cet état pendant toute la durée de la vie; mais en général, par les progrès de l'âge, les parties les plus vieilles se détruisent progressivement, les matériaux constitutifs sont résorbés peu à peu (3), et elles font place à des cavités qui donnent à l'intérieur de l'os une structure spongieuse (4), ou qui, s'agrandissant encore davantage, y

(1) Voyez à ce sujet les expériences sur les greffes animales, dont j'ai parlé précédemment (tome VIII, page 27).

Flourens a beaucoup insisté sur le rôle du périoste dans la formation du tissu osseux.

(2) L'existence de cette couche ostéogène a été admise par la plupart des histologistes modernes, et son rôle a été nettement démontré par des expériences de M. Ollier sur les effets de la raclure de la surface interne du périoste (a).

(3) Ces phénomènes de résorption entrevus par Hunter ont particulièrement fixé l'attention de MM. Tomes et C. de Morgan (b). Il est aussi à noter qu'ils peuvent se produire à la surface externe de l'os aussi bien que dans la profondeur de celui-ci, et amener ainsi l'élargissement de certains trous après que la soudure des parties constitutives des bords de ces orifices est devenue complète.

(4) Les lamelles et les trabécules qui constituent la substance spongieuse des os semblent au premier abord être disposées d'une manière tout à fait irrégulière; mais, en les examinant attentivement, on voit qu'elles affectent un arrangement déterminé qui a des rapports avec la forme extérieure de l'os (c).

(a) Ollier, *Traité de la régénération des os*, t. I, p. 85 et suiv.
(b) Hunter, *Op. cit.*
— Tomes et C. de Morgan, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1853).
(c) G. H. Meyer, *Die Architectur der Spongiosa* (*Archiv für Anat. und Phys.*, 1867, p. 675).

creusent, soit des espèces de cavernes appelées *sinus*, soit un canal central occupé par la moelle chez les Mammifères (1), et par de l'air chez la plupart des Oiseaux (2). Il en résulte que d'ordinaire la surface des os est constituée par du tissu compacte, et que leur intérieur est occupé par du tissu spongieux. Dans les os plats, la différence de structure est souvent assez tranchée pour que ces organes paraissent composés de deux lames ou *tables* parallèles, réunies par des trabécules ou traverses plus ou moins espacées, qui circonscrivent imparfaitement des lacunes appelées cellules. Dans les os longs, ce travail excavatoire est en général plus actif, et amène la formation du canal central ou canal médullaire dont j'ai déjà parlé (3).

(1) La moelle des os est un mélange de tissu conjonctif, de vaisseaux sanguins, de cellules et de graisse. Elle existe dans les aréoles du tissu spongieux, et même dans les principaux canaux vasculaires du tissu compacte; mais c'est surtout dans la cavité centrale des os longs qu'elle s'amasse en quantité considérable. La graisse s'y trouve en majeure partie dans des utricules qui offrent souvent un noyau distinct ; mais d'autres fois elle est libre (*a*). Dans la moelle de l'humérus du Bœuf, Berzelius a trouvé 96 pour 100 de graisse (*b*). D'après M. Eylerth, la moelle de Bœuf contiendrait trois espèces de graisses neutres, dans la composition desquelles il y aurait, outre l'acide élaïque, deux acides gras particuliers, l'acide palmitique et l'acide médullique (*c*).

Pour d'autres détails sur le système médullaire des os, je renvoie aux écrits suivants (*d*).

Dans le tissu spongieux des os, il y a un liquide rougeâtre qui ne contient que très-peu de graisse (*e*).

(2) Ces lacunes constituent les cellules aérifères des os des Oiseaux, dont il a été question dans une Leçon précédente (voyez tome II, page 358). Elles sont souvent revêtues d'une couche mince de tissu conjonctif (*f*).

(3) Cette cavité médullaire centrale manque chez les Cétacés, les Chéloniens et quelques autres Vertébrés.

(*a*) Voyez Kölliker, *Éléments d'histologie*, p. 255.

(*b*) Berzelius, *Traité de chimie*, t. VIII, p. 486.

(*c*) Voyez Pelouze et Fremy, t. VI, p. 693.

(*d*) Luschka, *Die Markzellen in den Diaphysen der Röhrenknochen* (*Würzburg. Verhandl.*, 1859, Bd. X, p. 175).

— Robin, *Sur le tissu médullaire des os* (*Gaz. méd.*, 1865, n°s 5 et 7).

— Dubuisson Christal, *Recherches sur la moelle des os longs*, 1865.

— Kölliker, *Éléments d'histologie*, 1868, p. 25.

(*e*) Leydig, *Op. cit.*, p. 178.

(*f*) Berzelius, *loc. cit.*

L'accroissement de l'os se fait donc d'une manière centrifuge autour de certains foyers histogéniques, qui sont d'abord les espaces occupés par les vaisseaux sanguins autour desquels se forment les canaux de Havers, puis les groupes primitifs constitués par la rencontre et la soudure des parties ainsi développées. On désigne communément ces groupes en voie de développement sous le nom de *points d'ossification*, et les *ostéites*, ou pièces élémentaires du squelette, s'accroissent à leur tour par leur surface, et, en s'étendant ainsi, se rapprochent les unes des autres. Quelquefois elles conservent toujours leur indépendance, et en se rencontrant s'articulent seulement entre elles ; mais d'autres fois elles se soudent et se confondent dans leur point de jonction, de façon à ne former qu'un seul os aux dépens de deux ou de plusieurs pièces qui ailleurs sont distinctes. Là où cette soudure s'effectue, le développement du tissu osseux s'arrête ; mais là où elle n'a pas lieu, le travail ostéogénique peut se continuer pendant une période plus ou moins longue de la vie, bien que son activité aille toujours en diminuant avec l'âge (1). C'est ainsi que chez les Poissons, où la plupart des ostéites con-

(1) C'est dans l'espèce humaine que le mode de développement de la charpente osseuse a été l'objet des études les plus nombreuses et les plus attentives. Fallope fut le premier à s'en occuper d'une manière spéciale (*a*) ; mais cette partie de l'anatomie physiologique n'avait fait encore que peu de progrès avant la publication des travaux de Kerkringe (*b*). Albinus (*c*) et quelques autres anatomistes du XVIIIe siècle ajoutèrent de nouveaux faits à ceux constatés par leurs devanciers ; et, parmi les recherches effectuées plus récemment, il convient de citer celles de Béclard et de Serres (*d*), ainsi que celles de MM. Rambaud et Renault (*e*).

(*a*) Fallopii *Opera omnia*, 1600, p. 360 et suiv.

(*b*) T. Kerkringii *Spicilegium anatomicum nec non osteogenium fœtuum*, 1670.

(*c*) Albinus, *Icones ossium fœtus humani, accedit osteogeniæ brevis historia*, 1737.

(*d*) Béclard, *Mém. sur l'ostéose ou sur la formation, l'accroissement et l'atrophie des os dans l'espèce humaine* (*Faculté de méd.*, 1813 ; — *Nouv. Journ. de méd., de chir. et de pharm.*, 1819, t. IV, et 1820, t. VIII).

— Serres, *Des lois de l'ostéogénie* (voyez Cuvier, *Comptes rendus des travaux de l'Acad. des sciences pour 1819*). — *Note sur le développement centripète du système osseux* (*Comptes rendus*, 1838, t. VI, p. 24).

(*e*) Rambaud et Renault, *Origine et développement des os*, 1864.

servent leur indépendance, l'Animal peut grandir pendant presque toute la durée de son existence; tandis qe chez les Vertébrés supérieurs, l'Animal cesse de s'allonger dès que les pièces constitutives des principaux os se sont soudées entre elles.

En général, le travail nutritif se ralentit beaucoup dans le tissu osseux quand la croissance est terminée; mais il est susceptible de se ranimer lorsque, sous l'influence d'un état pathologique, le sang y arrive en plus grande abondance que d'ordinaire. Ainsi, lorsqu'à la suite de la section des nerfs qui accompagnent les vaisseaux nourriciers d'un os, le système vasculaire du périoste se dilate, des phénomènes d'hypertrophie se manifestent dans le tissu osseux sous-jacent (1), et à la suite de l'état inflammatoire qui suit les fractures, il y a production de nouvelles parties osseuses qui donnent d'abord naissance à ce que les chirurgiens appellent un *cal*, et déterminent ensuite la soudure des fragments entre eux.

§ 5.—Les os, lors même qu'ils restent distincts entre eux, sont réunis les uns aux autres de façon à former par leur assemblage une vaste charpente dont en général toutes les parties se tiennent et dont l'ensemble constitue le squelette. Leurs jointures, appelées *articulations*, sont de deux sortes: les unes permettent aux pièces ainsi reliées entre elles de se mouvoir l'une sur l'autre, ce sont des *articulations mobiles;* les autres rendent tout déplacement de ce genre impossible, et sont appelées pour cette raison des *articulations fixes* ou *synarthroses* (2). Ces dernières Articulations.

(1) Cette hypertrophie déterminée par la section d'un nerf a été observée par M. Schiff et par M. Alph. Milne Edwards (*a*).

(2) Les anatomistes emploient souvent le nom de *symphyse* pour désigner la suture ou la soudure de deux parties similaires, telles que les

(*a*) Schiff, *Recherches sur l'influence des nerfs sur la nutrition des os* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1854, t. XXXVIII, p. 1050).
— Alph. Milne Edwards, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1860, t. XIII, p. 133).

peuvent résulter de la simple juxtaposition de surfaces ou de bords articulaires plus ou moins larges, qui souvent sont disposés en biseau, de façon à se recouvrir naturellement (1). Mais elles sont souvent consolidées par l'enchevêtrement de prolongements dont les bords ou surfaces sont garnis, et on les désigne alors sous le nom de *sutures engrenées*.

Les articulations mobiles doivent être rangées en deux classes : 1° les *articulations par continuité*, ou *amphiarthroses*, dans lesquelles les deux os adjacents sont unis entre eux par une substance solide, telle qu'un cartilage ou un fibro-cartilage qui adhère à l'un et à l'autre, mais qui, à raison de son élasticité, leur permet quelques mouvements (2); 2° les *articulations par contiguïté*, ou *diarthroses*, dans lesquelles les surfaces articulaires restent libres, et ne sont d'ordinaire maintenues en contact que par des ligaments ou d'autres parties

deux moitiés de la mâchoire inférieure et les deux pièces constitutives de l'arcade du pubis. J'ajouterai que pour l'anatomie descriptive de l'Homme, quelques auteurs ont adopté une nomenclature très-complexe pour les dernières variétés de sutures; mais ici l'emploi de ces termes ne me paraît pas nécessaire.

(1) La portion du tissu conjonctif correspondant au périoste des bords articulaires constitue une couche membraneuse intermédiaire très mince et blanchâtre, que l'on appelle quelquefois *cartilage sutural* ou *ligament sutural*.

(2) On distingue sous le nom de *syndesmoses* les amphiarthroses dans lesquelles l'union des surfaces contiguës est effectuée par l'interposition de ligaments élastiques. Tantôt le tissu intermédiaire, essentiellement fibreux, constitue des lames blanchâtres qui ressemblent beaucoup à des aponévroses ou à des tendons ; d'autres fois sa couleur est jaunâtre, et ses fibres constituantes ne sont pas disposées en faisceaux ou en lamelles, mais unies en réseaux (a). Ces derniers sont souvent désignés sous le nom de *ligaments jaunes* ou de *ligaments élastiques*.

Dans les articulations nommées *synchondroses*, le lien interosseux est constitué par un cartilage contenant plus ou moins de substance fibrineuse et de fibro-cartilage. Ainsi que nous le verrons dans une prochaine Leçon, les corps des vertèbres sont unis entre eux par des disques de ce genre.

(a) Voyez Kolliker, *Op. cit.*, p. 256.

molles étendues d'un os à l'autre en manière d'amarres ou de manchon.

Ces dernières articulations sont les plus parfaites et les plus importantes à étudier. Dans ces jointures les surfaces articulaires sont revêtues d'une couche de tissu cartilagineux qui se termine souvent par un bourrelet marginal composé principalement de tissu conjonctif (1). Une capsule fibreuse en forme de manchon les entoure, s'étend de l'une à l'autre, et se fixe par ses deux extrémités aux cartilages dont je viens de parler, en sorte que la cavité interosseuse, ainsi circonscrite, se trouve fermée de toutes parts (2). Intérieurement elle est tapissée par une membrane séreuse qui y constitue une poche dite *bourse synoviale* (3), et qui contient un liquide particulier nommé

(1) Les cartilages articulaires ou d'encroûlement sont en continuité de substance avec le cartilage d'ossification sous-jacent ou avec le tissu osseux qui remplace celui-ci, mais ils en diffèrent par l'absence de vaisseaux sanguins, et ils sont dépourvus de périchondre (*a*). Chez le fœtus, ils sont recouverts par une couche de fibres de tissu conjonctif qui se prolonge dans leur intérieur, mais ce revêtement ne tarde pas à disparaître.

Le bourrelet périphérique (*b*) est constitué par du fibro-cartilage dont la structure est plus complexe; on y a découvert des vaisseaux et des nerfs (*c*).

(2) La clôture hermétique de la cavité articulaire contribue beaucoup à la solidité de ces jointures, car les surfaces des os ainsi renfermés ne peuvent s'écarter l'une de l'autre sans agrandir l'espace circonscrit par la capsule fibreuse, et par conséquent sans rompre l'équilibre de la pression entre la cavité et le milieu ambiant. La pression déterminée par le poids de l'atmosphère tend donc à maintenir les surfaces articulaires en contact, et cela nous explique pourquoi la désarticulation est très-difficile tant que la cavité articulaire reste close, mais devient facile dès que l'air peut arriver dans cette cavité. On doit aux frères Weber des expériences très-intéressantes sur ce sujet (*d*).

(3) Les bourses synoviales ressemblent beaucoup aux poches qui sont constituées par les tuniques séreuses entre divers organes mobiles et les

(*a*) Berzelius, *Op. cit.*, t. VIII, p. 489.
— Tanyhoe, *Researches tending to prouve the non-Vascularity of certain animal. Tissues* (*Philos. Trans.*, 1841, p. 159).
(*b*) Gosselin, *Rech. sur quelques cartilages diarthrodiaux* (*Bull. Soc. anatom.*, 1841, p. 246).
(*c*) Sappey, *Traité d'anatomie*, t. I, 1866, p. 462.
— Lassaigne et Boissel, *Exam. chim. de la synovie* (*Journ. de pharm.*, 1822, t. VIII, p. 286).
— Frerichs, art. SYNOVIA (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, t. III, p. 467).
(*d*) W. und E. Weber, *Traité de la mécanique des organes de la locomotion*, p. 329 et suiv. (*Encyclop. anatomique*, trad. par Jourdan, t. II).

synovie (1). Enfin les ligaments ou cordes élastiques qui complètent la jointure en s'étendant d'un os à l'autre et en se fixant par leurs extrémités à chacun de ceux-ci, sont quelquefois logés dans l'intérieur de la capsule articulaire dont je viens de parler, mais en général ils l'entourent. Ils servent principalement à limiter les mouvements de flexion dans la direction opposée au point occupé par chacun d'eux.

surfaces adjacentes, et qui servent à y diminuer le frottement. Elles tapissent intérieurement l'espèce de manchon constitué par la capsule fibreuse, et se prolongent sur la surface libre des lames cartilagineuses dont les extrémités des deux os en contiguïté sont revêtues. Elles consistent en un épithélium composé d'une ou de plusieurs couches de cellules pavimenteuses et en une lame de tissu conjonctif pourvue de fibres élastiques, de vaisseaux et de nerfs. Chez l'embryon, le revêtement épithélique s'étend d'ordinaire sur toute la surface interne de la cavité articulaire et recouvre la surface libre des lames cartilagineuses des deux os contigus (*a*) ; mais, avec les progrès de l'âge, il disparaît sur la portion centrale de ces surfaces et ne se maintient que sur le pourtour. On n'aperçoit dans la membrane synoviale ni papilles ni glandules, et les prolongements que l'on y observe souvent, et que l'on a désignés sous le nom de *glandes de Havers*, ne consistent qu'en des amas de graisse. Sa surface libre donne aussi naissance à des franges aplaties, rouges, très-riches en vaisseaux sanguins et disposées en forme de couronne autour de la ligne d'insertion le long de laquelle elle se détache du cartilage articulaire pour monter sur le manchon capsulaire. Il y a aussi sur ces appendices des villosités synoviales de formes variables (*b*).

Parfois aussi il y a des plaques fibreuses qui partent de la capsule et s'interposent entre les surfaces articulaires.

(1) La *synovie* est un liquide aqueux et plus ou moins visqueux, qui ressemble beaucoup à du mucus. Elle est sécrétée par la bourse qui la renferme, et elle tient en suspension quelques cellules épithéliales, des granulations graisseuses et d'autres débris analogues. L'analyse chimique y fait découvrir de l'eau dans la proportion d'environ 93 pour 100, et les matières salines qui se rencontrent dans tous les liquides séreux de l'économie, ainsi que de l'albumine, de la graisse, etc. (*c*).

La synovie est produite par la couche épithélique de la membrane synoviale, principalement par les prolongements vasculaires de celle-ci.

(*a*) Reichert (voy. Leydig, *Traité d'histologie*, p. 160).
(*b*) W. et E. Weber, *loc. cit.*, p. 322, etc.
(*c*) Gosselin, *Recherches sur les kystes synoviaux* (*Mém. de l'Acad. de méd.*, t. XVI).

Constance dans les rapports anatomiques.

§ 6. — Les données relatives aux matériaux constitutifs du squelette des Animaux vertébrés que je viens d'exposer, étant acquises, je passerai à l'examen de l'emploi que la Nature en fait. Dans la prochaine Leçon je traiterai donc de la disposition de la charpente de ces Animaux, et je ferai voir que tout en présentant des variations considérables dans sa forme et son degré de complication, suivant les classes et les types d'un ordre inférieur, elle est toujours construite d'après un même plan essentiel et composée principalement de parties analogues reliées entre elles d'une manière déterminée. Cette fixité dans les relations des pièces osseuses formant une même série a été désignée par Geoffroy Saint-Hilaire sous le nom de *principe des connexions anatomiques*. Elle est souvent d'un grand secours pour la détermination des parties homologues, dont les formes peuvent varier beaucoup ; mais il ne faut l'employer qu'avec une certaine réserve, car, ainsi que nous l'avons déjà vu en étudiant le squelette externe des Animaux articulés, les rapports de position peuvent être souvent masqués, soit par l'avortement de certains termes de la série ou par l'apparition de pièces intercalaires, soit par des phénomènes de chevauchement. Ainsi, dans une série de pièces que je désignerai par les lettres A, B, C, D, on ne trouvera jamais C avant B ni après D; mais A et C peuvent être en contact par suite de l'absence de B, ou bien encore C pourra ne pas constituer le troisième terme de la série, car des pièces complémentaires produites par le dédoublement de A ou de B peuvent se développer. Parfois même chacune de ces pièces fondamentales peut être représentée par tout un groupe de pièces distinctes entre elles, et d'autres fois elles peuvent être séparées par l'intercalation de parties appartenant à un autre système ostéologique.

C'est aussi avec réserve que je parlerai de l'unité de plan et surtout de l'unité de composition anatomique du

squelette de tous les Animaux vertébrés, car non-seulement les opinions professées à ce sujet par le naturaliste que je viens de citer (1) sont évidemment erronées quand on les étend à l'ensemble du Règne animal, mais elles manquent aussi de justesse lorsqu'on les restreint à l'embranchement des Vertébrés. L'unité de plan existe quant aux grandes lignes de l'édifice, mais ne règle pas les dispositions secondaires, et quant à la fixité du nombre des pièces constitutives du squelette, la fausseté du principe devient manifeste, pour peu que l'on compare entre elles certaines espèces de l'une quelconque des classes de l'embranchement dont l'étude nous occupe en ce moment. Cela ressortira surabondamment des faits que nous allons passer en revue.

(1) Cette idée théorique, conçue par le célèbre poëte allemand Gœthe (*a*), et développée avec une grande persévérance par Geoffroy Saint-Hilaire (*b*), quoique fausse lorsqu'on l'exagère ou qu'on la présente d'une manière absolue, exprime en réalité une tendance de la Nature dont les anatomistes ne tenaient pas assez compte jadis, et depuis un demi-siècle elle a exercé souvent une influence très-utile sur la direction des études ostéologiques.

(*a*) Gœthe, *Ueber den Zwischenkiefer des Menschen und der Thiere* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1786, t. XIV).

(*b*) Les premières publications de Geoffroy Saint-Hilaire sur ce sujet remontent à 1796, comme le fait voir son fils Isid. Geoffroy Saint-Hilaire (*Essais de zoologie générale*, p. 87) ; mais il ne développa complétement ses idées sur l'hypothèse de l'unité de composition que dans sa *Philosophie anatomique*, dont le premier volume parut en 1806.

QUATRE-VINGT-DIXIÈME LEÇON

Suite de l'étude du squelette des Animaux vertébrés. — Plan commun. — Système vertébral; corde dorsale; constitution de la vertèbre. — Appendices médians. — Constitution du crâne. — Constitution de la face. — Système hyoïdien. — Charpente osseuse des membres.

Corde dorsale et ses dépendances.

§ 1. — En étudiant les premiers phénomènes du développement de l'embryon des Animaux vertébrés, nous avons vu que chez tous ces êtres le sillon primitif ou gouttière cérébro-spinale destinée à loger l'axe du système nerveux ne tarde pas à être soutenue au-dessous par une sorte de baguette située sur la ligne médiane et dirigée longitudinalement, qui est connue sous le nom de *corde dorsale* ou de *notocorde*, et qui constitue le premier rudiment de la colonne vertébrale (1), laquelle à son tour devient le fondement et la partie la plus importante de tout le squelette ou charpente intérieure du corps.

Cette notocorde, ou tige rachidienne primordiale, est composée de tissu utriculaire et présente les mêmes caractères chez tous les Vertébrés; mais, chez les uns, elle se développe beaucoup, et son rôle est permanent dans l'organisme, tandis que chez les autres son existence n'est que temporaire, et elle disparaît plus ou moins promptement pour faire place aux vertèbres (2).

(1) Voyez tome IX, page 456.

(2) Les premières observations relatives à la structure et au mode de développement de la corde dorsale sont dues à Baer. Récemment M. le professeur Ch. Robin a publié sur ce sujet, dans les Mémoires de l'Académie, un travail très-étendu (*a*).

(*a*) Baer, *Ueber die Entwick. der Thiere*, 1828, p. 15, pl. 1, fig. 2 et 3; t. II, p. 298. — *Physiol. de Burdach*, t. III.
— Reichert, *Das Entwickelungsleben*, 1840.
— Martin Barry, *On the chorda dorsalis* (*Philos. Trans.*, 1841, p. 195).
— Ch. Robin, *Mém. sur l'évolution de la notocorde, des cavités des disques intervertébraux et de leur contenu gélatineux* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1870, t. XXXVI, p. 245).

Quoi qu'il en soit à cet égard, le blastème organogénique forme bientôt autour de cette tige utriculaire une gaîne fibreuse qui l'enveloppe de toutes parts, et se continue extérieurement avec des expansions lamelleuses dirigées transversalement et allant rejoindre la couche de substance conjonctive sous-cutanée. Ces cloisons centrifuges sont placées parallèlement entre elles et elles commencent à se montrer dans la région cardiaque du corps de l'embryon en voie de développement; mais elles se multiplient rapidement, et, après avoir envahi la totalité du tronc, elles se constituent de la même façon dans la région caudale (1). Toute la portion pariétale du corps de l'embryon, c'est-à-dire la portion comprise entre les téguments externes et les deux cavités occupées l'une par l'axe nerveux, l'autre par le tube digestif, les principaux vaisseaux sanguins et les autres viscères, se trouve ainsi divisée en une série de tranches ou de tronçons comparables aux *somatomes* dont j'ai parlé précédemment en traitant de la structure des Animaux annelés, et les cloisons qui séparent ces segments entre eux, ainsi que l'axe dont elles partent, sont susceptibles de donner naissance à du tissu scléreux dans l'épaisseur duquel peuvent se développer, soit des membranes fibreuses, soit des ligaments, des cartilages et des os. C'est dans les espaces compris entre ces cloisons centrifuges que se constituent les muscles du système rachidien et que cheminent les nerfs affectés au service de la vie de relation. Elles peuvent aussi se relier entre elles au moyen d'expansions longitudinales dont les principales occupent le plan vertical qui passe par la ligne médiane du corps, et l'ensemble des parties plus ou moins résistantes ainsi formées constitue, avec la notocorde, une sorte de charpente

(1) Ces cloisons somatomiennes naissantes constituent ce que les embryologistes appellent les divisions vertébrales.

rigide sur certains points, flexible ou même molle sur d'autres, qui a été désignée sous le nom de *sclérome* (1).

Plan général de la charpente solide.

Le squelette, dont l'étude va nous occuper, est une portion du sclérome, et, pour avoir des idées justes touchant le plan général de ce squelette et les modifications dont ce plan est susceptible, il faut se rappeler non-seulement que les cartilages, les os, les ligaments, naissent dans le sclérome, et que par conséquent leur position est réglée par la disposition de celui-ci, mais aussi que des parties dures de cet ordre peuvent se développer partout où le sclérome s'étend. Ainsi, sans qu'il y ait aucune différence essentielle dans le tracé général de l'organisme, une même partie du sclérome peut être représentée chez différents Animaux, tantôt par un os ou un cartilage, d'autres fois par une membrane fibreuse, un ligament, un tendon ou même une couche de tissu conjonctif non consolidé. Il en résulte que le squelette, tout en étant construit d'après un même plan général chez tous les Vertébrés, peut varier beaucoup quant au nombre de ses pièces constitutives et au degré de complication auquel il arrive.

C'est à dessein que je parle ici de la multiplicité des éléments organiques et de la complexité de structure comme étant des choses différentes. En effet, par suite de la tendance à la répétition de parties similaires dont nous avons eu tant d'exemples chez les Animaux annelés, le nombre des pièces constitutives

(1) Laurent (de Toulon) a employé le terme *tissu sclèreux* pour désigner à la fois les tissus fibreux, cartilagineux et osseux (*a*), et M. Goodsir (d'Edimbourg) a insisté avec raison sur le rôle important de la charpente fibreuse qui constitue la base du squelette. C'est ce dernier qui a introduit dans le langage anatomique le mot *sclérome*(*b*).

(*a*) Laurent, *Mém. sur les tissus animaux en général et sur les tissus élastiques et contractiles en particulier* (*Ann. françaises et étrangères d'anatomie*, 1837, t. I, p. 57). — *Essai sur la théorie générale du squelette des Vertébrés*, 1829 (extrait du *Journ. des progrès des sciences médicales*).

(*b*) Goodsir, *On the Morphological Relation of the Nervous System, the Morphological Constitution of the Skeleton*, etc. (*Edinburgh new Philos. Journal*, new series, 1857, t. V, p. 119).

du squelette des Vertébrés peut être beaucoup augmenté sans qu'il en résulte aucune complication nouvelle : le plan général peut conserver la même simplicité chez un Animal qui aurait cent vertèbres, par exemple, ou qui n'en posséderait que vingt ; mais le squelette aura une structure d'autant plus complexe, qu'il se composera d'un plus grand nombre de parties qui ne se représentent pas mutuellement. C'est immédiatement autour de la corde dorsale et dans les portions adjacentes du sclérome que les cartilages et les os du squelette se constituent d'abord et que leur existence est la plus constante.

Les parties périphériques des cloisons circumrachidiennes du sclérome ne donnent naissance à des pièces osseuses que chez les Vertébrés inférieurs, et ces pièces n'ont jamais un rôle important dans la constitution de la charpente solide du corps ; mais l'axe rachidien n'est pas le seul centre de production des matériaux organiques de ce genre, et en général le squelette est complété par des groupes de pièces osseuses ou cartilagineuses dont l'origine paraît être différente. Nous aurons donc à considérer plusieurs systèmes d'éléments squelettiques. Le système rachidien est toujours le plus important, mais je crois devoir en distinguer le système maxillo-hyoïdien et le système sternal, ainsi que le système appendiculaire, soit médian, soit latéral. Ce dernier, qui constitue la charpente solide des membres, est de tous le plus indépendant du système rachidien. C'est à tort, ce me semble, que quelques anatomistes, cherchant une simplicité idéale qui n'est pas dans la nature, ont présenté toutes ces parties comme étant similaires, et, détournant le mot *vertèbre* de son acception ordinaire, ont voulu établir que tout dans le squelette, sauf quelques pièces dépendantes de la peau, des organes des sens ou de la tunique muqueuse du tube respiratoire, ne consiste qu'en une série de vertèbres dont les unes conservent leur forme et leurs dimensions ordinaires, tandis que d'autres

seraient modifiées d'une manière plus ou moins profonde. Ces vues de l'esprit, vraies, utiles et philosophiques, lorsqu'elles ne dépassent pas certaines limites, me paraissent être en désaccord avec les faits lorsqu'on les étend de la sorte; elles sont alors entachées d'arbitraire et elles nous donnent des idées fausses, car elles tendent à nous faire confondre plus d'une hypothèse gratuite avec des vérités démontrables. Néanmoins là, de même que dans l'étude comparative du squelette extérieur des Animaux articulés, il est à la fois très-intéressant et très-utile de constater quelles sont les pièces de la charpente solide qui, tout en changeant parfois de forme et d'usages, se représentent mutuellement, soit dans diverses parties du corps d'un même Animal, soit dans la même partie chez des Animaux différents (1).

(1) La correspondance de certaines parties du squelette, qui se représentent, mutuellement soit dans différentes régions du corps d'un même Animal, soit dans la même région chez différents animaux, est souvent si manifeste, qu'elle ne pouvait échapper à personne et que tous les anatomistes l'ont saisie sans en faire l'objet d'études particulières. Pendant longtemps on se contenta de l'indication de ces similitudes, et l'on ne chercha pas à découvrir les ressemblances fondamentales qui peuvent exister entre les parties dont les formes ou les usages diffèrent beaucoup. Un anatomiste français, Vicq d'Azyr, fut le premier à entreprendre des études de cet ordre, lorsqu'en 1774 il chercha à établir que chez l'Homme les os des membres thoraciques sont chacun représentés dans les membres inférieurs (*a*).

Vers la fin du siècle dernier, Gœthe donna une nouvelle direction à ce genre d'investigations par la publication de ses observations sur l'os intermaxillaire (*b*), et en 1807 Geoffroy Saint-Hilaire (*c*), dans un mémoire sur

(*a*) Vicq d'Azyr, *Parallèle des os qui composent les extrémités* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1774.

(*b*) Gœthe, *Op. cit.* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1786, t. XV). — Voyez aussi les *Œuvres de Gœthe* trad. par M. Ch. Martins.

L'histoire des travaux de Gœthe et de leur influence sur les progrès des idées relatives à l'anatomie philosophique ou théorique a donné lieu à plusieurs études intéressantes, et parmi les publications qui en traitent, je citerai les suivantes :

— Berthold, *Ueber Goethe's Anatome comparata*, 1849.

— Isid. Geoffroy Saint-Hilaire, *Histoire naturelle générale*, t. I, p. 112 et suiv.

— Virchow, *Gœthe als Naturforscher*, 1861.

— Faivre, *Œuvres scientifiques de Gœthe analysées et appréciées*, 1862.

(*c*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Considérations sur les pièces de la tête osseuse des Animaux vertébrés, et particulièrement sur celles du crâne des Oiseaux* (*Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. X, p. 342).

On appelle *homologues*, les pièces ou la réunion de pièces qui sont de la sorte assimilables entre elles, et, comme on vient de le voir, il y a deux sortes d'homologies : l'*homologie sérialaire* et l'*homologie spéciale* (1).

l'os carré et sur quelques autres parties de la tête des Oiseaux, commença une longue série de recherches dont l'influence a été très-considérable sur le caractère des investigations anatomiques pendant la première moitié du siècle actuel (*a*). Oken, Bojanus, Spix, Carus et Blainville ont joué aussi un grand rôle dans la discussion des questions dont nous avons à nous occuper ici. Plus récemment M. R. Owen a publié sur le même sujet un travail très-important (*b*), et je citerai également ici d'autres travaux du même ordre (*c*).

(1) Les anatomistes employèrent d'abord le mot *analogues* pour désigner soit les parties qui chez les divers Animaux remplissent des fonctions semblables (les poumons des Mammifères et les branchies des Poissons, par exemple, sont des organes différents), soit les parties qui, en ayant des formes et des usages plus ou moins différents, sont la réalisation d'un même type essentiel, et se représentent mutuellement dans l'organisme d'un même Animal ou chez des Animaux différents, par exemple l'humérus et le fémur de l'Homme, ou bien encore l'os carré des Oiseaux et l'os tympanique des Mammifères. Mais aujourd'hui la plupart des auteurs mettent dans leur langage plus de précision, et, conservant au mot *analogues* la signification un peu vague d'organes dont les fonctions sont similaires, appellent *homologues* ou *homotypes*, les parties qui se correspondent anatomiquement et qui paraissent être en réalité les mêmes, malgré des différences de forme ou d'usages plus ou moins considérables. Enfin, ils appellent *homologie sérialaire* la représentation d'un même élément anatomique dans différentes parties du corps d'un même Animal, et *homologie spéciale* (ou *spécifique*), la représentation d'un élément anatomique déterminé chez des Animaux différents; (*d*). Dernièrement quelques zoologistes ont proposé de préciser encore davantage l'expression

(*a*) Les principaux mémoires de Geoffroy Saint-Hilaire sur la constitution générale du squelette et sur la détermination des parties homologues sont réunis dans l'ouvrage intitulé *Philosophie anatomique.*

— Oken, *Ueber die Bedeutung der Schädelknochen*, 1807.

— Spix. *Cephalogenesis*, 1815.

— *Exposé d'un système d'anatomie, de physiologie, etc.* Paris, 1821, p. 41.

— Blainville, *Prodrome, etc.* (*Bulletin de la Soc. philomatique*, 1816, p. 105). — *Ostéographie*, 1839.

(*b*) R. Owen, *Principes d'ostéologie comparée, ou Recherches sur l'Archétype et les homologies du squelette vertébré*, in-8, 1855.

(*c*) Maclise, *Comparative Osteology, being Morphological Studies to demonstrate the Archetype Skeleton of Vertebrated Animals*, 34 pl., 1847. — *Skeleton* (Todd's *Cyclop.*, t. IV, p. 622).

— Coote, *The Homologies of the Human Skeleton*, 1849.

— Huxley, *Lectures on the Elements of Comparative Anatomy*, 1864.

(*d*) Owen, *Principes d'ostéologie comparée*, p. 28.

§ 2. — La corde dorsale, qui constitue, comme nous venons de le voir, le premier fondement du système rachidien et même de tout le sclérome, atteint son plus haut degré de développement chez l'*Amphioxus*. Elle forme la presque totalité de la charpente solide de cet Animal, et elle s'avance jusqu'à son extrémité antérieure, en dépassant notablement l'axe nerveux qui est situé au-dessus et qui représente à la fois le cerveau et la moelle épinière; enfin, la cavité tubulaire, qui est cloisonnée par des expansions de sa gaîne et qui renferme cet axe nerveux, présente dans toute sa longueur le même mode de conformation. Il n'existe sous ce rapport aucune différence entre la région céphalique et les parties suivantes du corps, et le sclérome est conformé de même, à peu de chose près, d'un bout à l'autre (1). Notocorde.

Mais cette uniformité de structure n'existe chez aucun autre Vertébré, et, ainsi que nous l'avons vu dans une Leçon précédente (2), la gouttière primitive ne s'est pas encore transformée en une cavité close, que déjà sa portion antérieure s'est beaucoup dilatée et a cessé de ressembler à la portion autour de laquelle va se constituer la colonne vertébrale. Le corps du

de nos idées relatives à cette partie philosophique de la science de l'organisation, et d'employer les mots *homogénie* et *homoplasie* pour indiquer, d'une part la descendance d'un type commun, d'autre part la ressemblance due à l'action des mêmes causes modificatrices sur des parties dont les origines en sont différentes (*a*); mais ces expressions ne sont pas d'un usage assez commun pour qu'il soit nécessaire de les employer ici.

(1) Pour plus de renseignements sur le système rachidien et les autres parties de la charpente solide de l'*Amphioxus*, je renverrai principalement à des mémoires spéciaux dus à Goodsir, à J. Müller et à M. de Quatrefages (*b*).

(2) Voyez tome IX, page 463.

(*a*) Lankester, *On the Use of the word Homology* (*Ann. of Nat. Hist.*, 1870, *new series*, t. VI, p. 34 et 342).

— Mivart, *On the Use of the term Homology* (*Ann. of Nat. Hist.*, t. VI, p. 113).

(*b*) Goodsir, *On the Anat. of the* Amphioxus lanceolatus (*Trans. of the Edinb. Roy. Soc.*, 1844, t. XV).

— Müller, *Ueber den Bau des* Amphioxus lanceolatus (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1844).

— Quatrefages, *Mém. sur le système nerveux et sur l'histologie du Branchiostome ou* Amphyoxus (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, t. IV, p. 235 et suiv.).

jeune embryon en voie de développement se trouve donc divisé en deux portions, la tête et le tronc, auxquels s'ajoutent plus tard les membres.

Pour le moment, je laisserai de côté la région céphalique du corps, et je ne m'occuperai que du tronc, dont la charpente solide est formée principalement par une série longitudinale de cartilages ou d'os développés autour de la corde dorsale, et nommés *vertèbres*.

Système vertébral.

§ 3. — La portion du sclérome qui constitue la gaîne de la corde dorsale donne toujours naissance à deux prolongements ascendants qui plongent dans l'épaisseur des lames dorsales ou parois latérales de la gouttière rachidienne, et, de même que celles-ci, se réunissent en forme de voûte au-dessus de cette gouttière. En général, ces lames fibreuses, après avoir entouré ainsi la moelle épinière, se continuent verticalement le long de la ligne médiane, et forment de la sorte, à la face dorsale de la voûte rachidienne dont je viens de parler, une crête longitudinale ou cloison verticale, à laquelle viennent se réunir de chaque côté les cloisons transversales que nous avons vues précédemment naître aussi de la gaîne de la corde dorsale et diviser le tronc du jeune embryon en une série de tronçons ou somatomes (1).

La gaîne de la corde dorsale acquiert en même temps une consistance cartilagineuse, et forme ainsi une tige solide continue dont l'axe est occupé par le tissu utriculaire qui compose cette corde. Quelquefois même cet état persiste pendant assez longtemps ou même pendant toute la durée de la

(1) Les cloisons somatomiennes, ou divisions vertébrales, commencent à se montrer de très-bonne heure chez l'embryon, et au premier abord on a cru que les tronçons ou somatomes délimités de la sorte étaient autant de vertèbres; mais il n'en est rien : c'est dans ces espaces que naissent les articulations intervertébrales, ainsi que les muscles situés entre les prolongements périphériques des vertèbres, et ce sont les cloisons elles-mêmes qui correspondent aux vertèbres.

vie (1); mais, d'ordinaire le tissu de la gaîne se modifie et devient fibreux, surtout dans les intervalles compris entre les cloisons somatomiennes, tandis qu'au contraire sa consolidation fait des progrès rapides de distance en distance dans les zones correspondantes à ses points de rencontre avec ces cloisons, et il en résulte une série de pièces solides placées bout à bout et réunies entre elles par la substance fibreuse intermédiaire. Ces pièces constituent les vertèbres, et la réunion des vertèbres constitue l'échine ou colonne vertébrale.

Constitution de la vertèbre.

Toute vertèbre complète se compose de trois parties principales : un corps ou axe, un arc supérieur ou dorsal, et une paire de branches ventrales (2). D'ordinaire aussi l'arc supérieur, réuni au corps, forme un anneau traversé par la moelle épinière, et la réunion de ces anneaux constitue, pour le logement de celle-ci, un canal tubulaire appelé *canal rachidien* ou *canal neural*. Enfin, les branches ventrales concourent à la formation des parois de la chambre viscérale située au-dessous du rachis ou des autres cavités qui sont en continuité avec celle-ci, et qui logent aussi les principaux troncs du système vasculaire. Toujours aussi les vertèbres sont d'abord cartilagineuses; mais, par les progrès du travail organogénique, elles s'ossifient le plus ordinairement, et cette transformation s'opère sur plusieurs points, de façon à donner naissance à un groupe de pièces solides, distinctes dans

(1) Cette chondrification confuse de la gaîne notocordienne est permanente chez quelques Poissons, tels que les Lamproies et les *Lepidosiren*. Elle existe aussi dans la portion du rachis de formation adventive qui se développe dans la queue des Lézards, lorsque cet appareil, après avoir été séparé du tronc, se reproduit.

(2) On doit à Geoffroy Saint-Hilaire des travaux importants sur la constitution de la vertèbre typique (*a*), et plus récemment M. Owen en a fait l'objet d'études approfondies (*b*).

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Sur les tiges montantes des vertèbres dorsales*. — *Considérations générales sur la vertèbre* (*Mém. du Muséum*, t. IX, p. 76 et 89).

(*b*) Owen, *Report on the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton* (*British Association for* 1846).

le jeune âge, mais susceptibles en général de se confondre entre elles plus ou moins promptement et de ne former qu'un seul os (1).

Éléments vertébraux.

§ 4. — Le corps de la vertèbre, appelé aussi le *cycléal* ou le *centrum* (2), se constitue autour de la corde dorsale aux dépens d'une partie de la gaîne de celle-ci, et dans le principe il affecte la forme d'un anneau placé de champ transversalement. Chez les Vertébrés inférieurs, cette espèce de virole reste perforée, et, en grandissant, ses deux surfaces opposées, l'une antérieure, l'autre postérieure, s'éloignent de plus en plus l'une de l'autre, de façon qu'elle acquiert la forme d'un sablier ou d'un disque biconcave; mais, chez les Vertébrés supérieurs, son ouverture se remplit, et elle s'épaissit à peu près autant dans sa partie centrale que dans sa portion périphérique, et constitue ainsi une sorte de rondelle dont les deux faces sont parallèles, ou dont l'une des faces se bombe, tandis que l'autre se creuse. L'ossification du cycléal s'opère de diverses manières; mais, en général, elle a lieu d'abord sur deux ou quatre points qui ne tardent pas à se confondre sur la ligne médiane et envahissent peu à peu

(1) L'ordre suivant lequel les foyers d'ossification s'établissent dans la vertèbre n'est pas le même chez tous les Animaux, et parfois certaines pièces qui d'ordinaire se montrent de très-bonne heure, ne se forment pas, tandis que leurs voisines sont très-bien constituées. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai donc aux monographies embryologiques et à divers travaux spéciaux (*a*).

(2) Le nom de *cycléal* y a été appliqué il y a près d'un demi-siècle par Geoffroy Saint-Hilaire. Récemment M. Owen a jugé préférable de l'appeler *centrum*, mais je ne vois aucun avantage à changer de la sorte le langage anatomique.

(*a*) Voyez Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Animaux*, p. 378 (*Encyclop. anatomique*).
— Vogt, *Embryologie des Salmones*, p. 106 (Agassiz, *Poissons d'eau douce*, 1846).
— Sappey, *Traité d'anatomie descriptive*, t. I, p. 285.
— Engel, *Die Bildung der Wirbel und Extremitätsknochen* (*Sitzungsber. Wien. Akad.*, 1854, t. XIII, p. 375, pl. 1 et 2).

toute sa portion moyenne, puis, sur ses deux surfaces (antérieure et postérieure), où se développent souvent des plaques ou disques épiphysaires destinés à se souder à la rondelle principale, quand la croissance s'achève. Lorsque la colonne rachidienne est réduite à un grand état de simplicité et n'est plus appelée à fournir à la moelle épinière une gaîne protectrice, ainsi que cela a souvent lieu dans la région caudale, la vertèbre n'est représentée que par le cycléal ou centrum, mais parfois aussi cette partie peut manquer sans que l'arc neural fasse défaut.

Cet arc est formé essentiellement par une paire de pièces qui se développent sur les parties latérales et supérieures de la corde dorsale, et qui s'élèvent en s'inclinant l'une vers l'autre de façon à se rencontrer sur la ligne médiane et à recouvrir en manière de toit ou de pont la portion correspondante du canal spinal où se trouve logée la moelle épinière. Dans les ouvrages d'anatomie un peu anciens, ces pièces sont en général désignées sous le nom de *lames vertébrales*, et M. Owen les appelle *neurapophyses* (1). En général, elles se confondent de bonne heure avec le cycléal par leur base, et, à leur point de rencontre, elles se prolongent supérieurement en formant une épine médiane. Parfois l'apophyse épineuse qui arme la face dorsale de la vertèbre n'a pas d'autre origine, mais souvent cette branche montante médiane est constituée par une pièce distincte, appelée *os épial* par Geoffroy Saint-Hilaire et *neurépine* par M. Owen.

La structure de l'arc neural de la vertèbre peut devenir plus

(1) Geoffroy Saint-Hilaire a employé le nom de *périal* pour désigner cette pièce chez les Mammifères (a). Mais la pièce que cet auteur a appelée *périal* en parlant des Poissons, n'y correspond pas, et c'est pour cette raison qu'afin d'éviter toute confusion, j'emploie ici l'expression plus récente de *neurapophyse*, introduite dans la science par M. Owen.

(a) Geoffroy Saint-Hilaire, *Op. cit.* (*Mém. du Muséum*, 1822, t. IX).

complexe par le développement d'autres prolongements ou apophyses qui d'ordinaire naissent des neurapophyses et ne constituent pas des pièces distinctes; mais dans quelques cas elles sont autogènes, c'est-à-dire constituées chacune par un centre d'ossification particulier, et par conséquent il faut les compter aussi parmi les parties élémentaires de la vertèbre typique parvenue à son plus haut degré de perfection : ce sont les *zygapophyses*, désignées sous le nom d'*apophyses articulaires* par beaucoup d'anatomistes, et les *diapophyses*, ou *apophyses transverses*. Parmi les prolongements ou apophyses exogènes dont les vertèbres sont souvent pourvues, je citerai les apophyses articulaires accessoires, ou *anapophyses* et l'*hypapophyse*, ou apophyse épineuse inférieure, qui forme parfois une crête médiane à la face ventrale du cycléal.

Enfin, il faut considérer comme des dépendances, souvent même comme des parties intégrantes de la vertèbre, deux branches ventrales qui naissent sur les côtés du cycléal, à la base des diapophyses, et qui concourent à cloisonner, soit la grande cavité viscérale sous-rachidienne, soit un canal ou une paire de canaux qui sont en quelque sorte la continuation de cette chambre et qui logent des troncs vasculaires. Elles constituent les os généralement connus sous le nom de *côtes vertébrales*, et, dans le système de nomenclature générale employé par M. Owen, elles sont appelées *pleurapophyses*. Le plus ordinairement elles sont mobiles et ne tiennent au corps de la vertèbre que par leur extrémité supérieure ; mais d'autres fois elles s'y soudent d'une manière non moins intime que le font les autres pièces dont je viens de parler ; nous en verrons un exemple lorsque nous étudierons les vertèbres cervicales de l'Homme et des autres Mammifères. Enfin il arrive souvent que dans la région caudale elles se réunissent par leur extrémité inférieure, de façon à constituer une sorte de fourche renversée, qui, à raison de sa forme, est appelée l'*os en V*.

Quelquefois les côtes, et même d'autres parties du système vertébral, portent des branches accessoires qui s'avancent dans l'épaisseur des cloisons somatomiennes entre les muscles : telles sont les épines épicostales des Poissons (1) ; mais ces parties n'ont ni assez d'importance, ni une existence assez constante, pour que nous nous y arrêtions en ce moment (2).

§ 5. — Chez tout Animal vertébré à squelette osseux, le système rachidien, considéré dans son ensemble, est composé, comme nous venons de le voir, par une série plus ou moins nombreuse d'os ou de groupes de pièces osseuses qui sont homotypes, c'est-à-dire se représentent mutuellement dans l'organisme, et qui constituent autant de vertèbres. Ces vertèbres sont réunies entre elles de façon à former une tige ou colonne qui devient l'axe de la charpente solide du corps. Elle constitue aussi une gaîne protectrice pour la moelle épinière, et, afin de livrer passage aux nerfs qui naissent de cette partie centrale du système nerveux, elle présente toujours de chaque côté une série d'orifices appelés ***trous de conjugaison***, parce qu'ils résultent presque toujours du rapprochement de deux échancrures pratiquées en face l'une de l'autre dans les bords de la portion annulaire des vertèbres (3). Cette colonne présente

Colonne vertébrale.

(1) M. Goodsir les désigne sous le nom commun d'*actinapophyses* (*a*).

(2) Au sujet des modifications que subissent les apophyses transverses et les côtes chez divers Vertébrés, je renverrai aux traités généraux d'anatomie comparée et aux publications spéciales de Retzius et de M. Cleland (*b*).

(3) Chez les Poissons cartilagineux, comme nous le verrons bientôt, les trous qui livrent passage aux nerfs rachidiens ne sont pas constitués de la sorte.

Les Mammifères du genre Pérodictique présentent également une exception à la règle ordinaire relative aux trous de conjugaison, car les orifices qui livrent passage aux nerfs rachidiens sont pratiqués dans les lames vertébrales (c).

(*a*) Goodsir, *Op. cit.* (*Edinb. new Philos. Journ.*, *new series*, 1857, t. V, p. 126.

(*b*) Retzius, *Ueber die richtige Deutung der Seitenforsätze an den Rücken- und Lendenwirbel beim Menschen und bei den Säugethieren* (Muller's *Archiv für Anat.*, 1849, p. 593).

— Cleland, *On Ribs and transverse Processes with special Relation to the Theory of the Vertebrate Skeleton* (*Nat. Hist. Review*, 1863).

(*c*) Flower, *An Introduction to the Osteology of the Mammalia*, p. 48.

toujours une très-grande solidité, et souvent, dans certaines parties où une grande force de résistance semble être la principale condition qu'elle ait à remplir, elle devient complétement rigide par suite de la soudure d'un certain nombre de vertèbres entre elles; mais elle est toujours en totalité ou en partie flexible, et elle doit cette propriété à l'existence d'articulations qui sont disposées de façon à ne l'affaiblir que peu. En effet, chaque vertèbre est mobile sur sa voisine, mais l'articulation qu'elle forme avec celle-ci ne permet que des déplacements de peu d'étendue, et c'est seulement à raison de la multiplicité de ces mouvements partiels, dont les effets s'ajoutent les uns aux autres, qu'en général la colonne jouit d'une flexibilité assez grande. Les articulations rachidiennes sont des amphiarthroses. La totalité ou la majeure partie de la surface postérieure du corps de chaque vertèbre adhère à une rondelle de tissu élastique qui, par sa surface opposée, est fixée à la surface antérieure du cycléal suivant, et qui est désignée sous le nom de *fibro-cartilage intervertébral*. Cette rondelle, à raison de son élasticité, permet aux vertèbres de se mouvoir un peu les unes sur les autres, et, toutes choses étant égales d'ailleurs, plus son diamètre est grand, plus l'articulation est solide. Par conséquent aussi, plus le disque constitué par le cycléal sera grand, plus la résistance de la colonne rachidienne sera considérable. Des expansions fibreuses analogues, formées par les portions non ossifiées du sclérome, qui se trouvent entre les bords des arcs neuraux et des autres dépendances des vertèbres, remplissent des fonctions analogues en reliant les vertèbres entre elles; mais la solidité des articulations vertébrales est due aussi en grande partie à la disposition des apophyses et autres prolongements osseux dont les vertèbres sont garnies. Ainsi les zygapophyses, dont j'ai parlé précédemment, sont dirigées de façon à chevaucher d'une vertèbre sur la vertèbre voisine, et constituent ainsi des pièces d'assemblage appelées

apophyses articulaires : elles sont souvent disposées comme les tenons et les mortaises de nos charpentiers. Les apophyses épineuses forment par leur réunion une crête dorsale dentelée qui maintient dans d'étroites limites la flexion ainsi que le redressement de la colonne rachidienne dans la direction du plan médian du corps car; ces épines sont solidement reliées les unes aux autres par les ligaments et d'autres expansions fibreuses (1), et elles sont très-rapprochées entre elles, de façon qu'elles ne peuvent ni beaucoup s'écarter l'une de l'autre par leur extrémité libre, ni se déplacer notablement en sens contraire sans se rencontrer : elles représentent par conséquent autant de leviers dont le bras de résistance est d'autant plus puissant que sa longueur est plus considérable. Les apophyses transverses imposent aussi des limites aux mouvements de flexion latérale, et souvent il y a en outre des apophyses médianes inférieures qui corroborent l'action des apophyses épineuses dorsales. Mais ces divers prolongements osseux ne servent pas seulement à augmenter la force de l'axe rachidien ; ils donnent insertion à une multitude de muscles, et, ainsi que nous le verrons bientôt, leur développement est en rapport avec la puissance que ces organes moteurs doivent posséder.

Système sternal.

§ 6. — Les os que nous venons de passer en revue ne sont pas les seules pièces solides du squelette qui se développent dans les cloisons du sclérome où se forment les vertèbres, et dans la bande fibreuse longitudinale médiane qui unit ces cloisons entre elles à la face ventrale de la cavité viscérale, et qui,

(1) La cloison médio-dorsale du sclérome, dans l'épaisseur de laquelle les apophyses épineuses se développent, relie ces leviers entre eux dans toute leur longueur, et présente d'ordinaire, le long de leur partie terminale, un épaississement considérable. Le ligament cervical, dont j'aurai bientôt à parler en traitant du squelette des Mammifères, est une portion de ce système de liens fibreux.

dans la région abdominale chez l'Homme, est connue sous le nom de *ligne blanche*. Là, dans la région moyenne du corps où ces divisions ont commencé à se montrer, on trouve souvent une série de pièces médianes qui correspondent aux vertèbres placées du côté dorsal de la même cavité, et, comme celles-ci, elles donnent naissance à une paire de branches logées dans l'épaisseur de ces mêmes cloisons somatomiennes. Ces pièces médianes constituent par leur assemblage le *sternum*, et sont appelées *sternites* ou *sternèbres* (1); les branches qui en partent sont appelées communément des *côtes sternales*, et sont d'ordinaire unies bout à bout aux côtes vertébrales, de façon à constituer avec elles latéralement, avec le cycléal en haut et avec le sternite inférieurement, un grand anneau qui embrasse la cavité thoracique et qui a beaucoup de ressemblance avec l'anneau neural situé du côté dorsal, au-dessus du cycléal. Aussi quelques anatomistes considèrent-ils toutes ces pièces comme ne constituant qu'un seul et même système auquel ils appliquent le nom de *vertèbre* (2). Mais, comme je l'ai déjà dit, on dénature ainsi ce terme dont la signification est depuis longtemps fixée, et j'ajouterai que les côtes sternales, et les sternites qui s'y rattachent, paraissent ne pas même appartenir au système vertébral.

(1) Cette dernière dénomination a été employée par Blainville (*a*).

(2) Dans la théorie anatomique adoptée par M. Owen, la vertèbre se compose de deux anneaux superposés et réunis par le centrum ou cycléal: l'anneau supérieur, ou neural, se compose essentiellement des neurapophyses et de la neurépine ou épial; l'anneau inférieur (ou anneau hémal) se compose de pleurapophyses (ou côtes vertébrales), des hémapophyses (côtes sternales, etc.), et de l'hémépine (ou sténite). Les pièces sternales seraient donc les représentants de l'apophyse épineuse, et les côtes sternales les représentants des lames vertébrales, ou neurapophyses (*b*).

(*a*) Blainville, *Ostéographie*, t. I.

(*b*) Owen, *Principes d'ostéologie comparée*, p. 171 et suiv., pl. 6, fig. 2. — *On the Anat. of Vertebrates*, t. I, p. 27, fig. 17, 18 et 19.

— Lavocat, *Étude comparée du sternum et des pièces homotypes chez les Animaux vertébrés*. Toulouse, 1865.

En effet, si ces côtes étaient des dépendances des côtes vertébrales, elles devraient, suivant toute probabilité, manquer lorsque celles-ci font défaut, et l'on sait que cela n'a pas toujours lieu. Ainsi, lorsque nous étudierons le squelette des Sauriens, nous verrons que chez plusieurs de ces Animaux le système des côtes sternales est très-développé dans la région abdominale, bien que les vertèbres correspondantes soient dépourvues de branches costales. Le système sternal répète à la face ventrale du tronc les parties dont se compose l'arc neural de la colonne rachidienne, mais il n'en procède pas, et doit être considéré comme un appareil autogène susceptible de rester isolé ou de se réunir au système vertébral. La vertèbre et la sternèbre, avec ses branches costales, sont des produits d'un même segment du sclérome, mais la seconde n'est pas une dépendance de la première.

Charpente des nageoires médianes.

§ 7. — La portion postcéphalique du squelette est formée quelquefois par le système rachidien seulement : chez les Serpents, par exemple ; mais d'ordinaire elle est complétée par le système sternal, et, chez les Vertébrés inférieurs, elle se complique encore plus, car un autre système de pièces solides développées comme les apophyses épineuses dans le plan vertical médian vient s'ajouter au système vertébral, et remplit un rôle important dans la constitution de l'appareil locomoteur. En effet, ces pièces constituent, d'une part les rayons des nageoires impaires du Poisson, et d'autre part les supports qui fournissent à ces leviers leur point d'appui. Mais ce système d'os ou de cartilages appendiculaires impaires ne se rencontre ni chez les Vertébrés allantoïdiens, ni même chez les Batraciens ; et par conséquent on ne peut pas le considérer comme entrant dans le plan organique commun à tout l'embranchement du Règne animal, plan dont l'étude nous occupe en ce moment : je ne parlerai donc de ces parties complé-

mentaires que lorsque j'aurai à traiter spécialement du squelette des Poissons.

Tête. § 8. — Dans les Leçons consacrées à l'histoire du développement de l'embryon des Animaux vertébrés, nous avons vu que chez tous ces êtres, l'*Amphioxus* excepté, la portion antérieure du canal céphalo-rachidien se dilate très-rapidement, et constitue une grande cavité dite *crânienne*, dont la base est percée d'un nombre considérable de trous servant au passage des nerfs qui naissent de l'encéphale.

Dans le principe, la tête ne consiste qu'en ce renflement dans lequel pénètre l'extrémité antérieure de la corde dorsale et où se forme le cerveau, ainsi que les autres parties adjacentes du système nerveux central. La face ne se constitue que plus tard, et, par sa structure et ses usages aussi bien que par son mode de développement, elle diffère essentiellement du crâne. Afin de faciliter l'étude de la charpente solide de la région céphalique, je laisserai donc de côté pour le moment tout ce qui est relatif à la face, et je ne m'occuperai que de la boîte crânienne, qui, articulée sur l'extrémité antérieure de la colonne vertébrale, fait suite à cet axe et est intérieurement en continuité avec le canal spinal ménagé dans l'épaisseur de celle-ci. Les parois du crâne sont d'abord membraneuses, puis en majeure partie cartilagineuses; mais presque toujours, par les progrès du travail organogénique, des pièces osseuses s'y développent en grand nombre et rendent sa structure fort complexe. Chez les Vertébrés inférieurs, ces os primordiaux conservent toujours leur individualité; mais, chez les Animaux plus élevés en organisation, ils se réunissent par groupes et se confondent si complétement, que chez l'adulte leur nombre est fort réduit. Ainsi, chez les Mammifères à l'âge adulte, on n'y distingue en général que huit os : l'occipital, le sphénoïde, l'ethmoïde, le frontal, les deux pariétaux et les deux temporaux; mais, chez l'embryon,

(Marginal note beside "de la boîte crânienne": Crâne.)

la plupart de ces os sont représentés par deux ou plusieurs pièces, et chez les Reptiles, les Batraciens et les Poissons, ces divisions sont permanentes, tandis que chez les Oiseaux, au contraire, presque toutes les sutures crâniennes disparaissent par les progrès de l'âge. Il en résulte qu'au premier abord on serait disposé à croire que la composition de cette partie du squelette est très-variable ; mais, en l'examinant plus attentivement, on peut se convaincre que chez tous les Vertébrés, non-seulement elle est construite d'après un même plan général, mais se compose essentiellement des mêmes éléments anatomiques. Par son aspect, elle diffère beaucoup de la colonne vertébrale, mais elle est constituée en partie, sinon en totalité, au moyen de pièces qui représentent des éléments vertébraux, et l'on peut même la considérer comme étant composée de trois vertèbres plus ou moins profondément modifiées. Cette manière d'envisager la structure du crâne a été étendue à la tête tout entière et a donné lieu à beaucoup d'hypothèses hasardeuses ; je ne pourrais, sans dépasser les limites assignées à ces Leçons, ni les discuter ni même les exposer, et je me bornerai à indiquer les résultats qui me paraissent les mieux établis (1).

(1) Oken fut le premier à fixer l'attention des anatomistes sur ce que l'on appelle aujourd'hui la théorie vertébrale de la tête osseuse ; mais l'idée fondamentale de cette hypothèse avait été émise précédemment par plusieurs autres naturalistes (*a*), parmi lesquels il faut citer en première ligne Kielmayer (*b*), et vers la fin du siècle dernier Gœthe paraît même en avoir eu une conception très-nette (*c*). En 1807, Oken s'appliqua à établir non-seule-

(*a*) Franck, *De vertebralis columnæ in morbis dignitate oratio academica*. Pavie, 1791.
— Burdin, *Cours d'études médicales*, 1803, t. I, p. 16.

(*b*) Kielmayer paraît n'avoir rien publié à ce sujet, mais ses vues relatives à la similitude des vertèbres et du crâne sont citées par ses contemporains.

(*c*) Les observations de Gœthe à ce sujet datent de 1791, et furent communiquées verbalement aux disciples de ce naturaliste philosophe, mais restèrent inédites jusqu'en 1820. Après la mort de Gœthe, Oken les réclama comme étant sa propriété scientifique (*Isis*, 1847), et l'auteur d'un article bibliographique inséré dans l'*Encyclopédie britannique* (8e édit., t. XVI, p. 501), lui donne gain de cause. Mais, d'après une lettre écrite en 1790, il ne peut y avoir aucune incertitude à cet égard, et ce serait plutôt Oken dont la mémoire semble avoir été infidèle lorsque cet auteur rendit compte de la manière dont il avait été conduit à découvrir la ressemblance entre le crâne et une série de vertèbres. — Voyez Berthold, *Ueber Goethe's Anatome comparata*, 1849. — Virchow, *Goethe als Naturforscher*, 1861. — Faivre, *Œuvres scientifiques de Goethe*, 1862. — Huxley, *Lectures on the Elements of Comp. Anat.*, 1864.

Le crâne se compose de trois segments ou ceintures osseuses :

ment que le crâne représente d'une manière générale la colonne vertébrale, mais qu'il se compose de trois vertèbres dilatées. Il posa aussi en principe que les parties du squelette qui, dans le tronc, sont en connexion avec le rachis, doivent avoir leurs représentants en connexion avec les vertèbres céphaliques, et, conformément à ces vues, il rapporta les dernières parties de la face aux os du thorax, du bassin et des membres (*a*). L'année suivante, Duméril, sans avoir eu connaissance des travaux d'Oken, mais frappé de la ressemblance qui existe entre les vertèbres et la région occipitale de la tête, considéra la boîte crânienne comme n'étant qu'une vertèbre énormément dilatée (*b*). Blainville, Spix, Bojanus, Geoffroy Saint-Hilaire, Carus, et plusieurs autres anatomistes, s'occupèrent ensuite du même sujet (*c*). Leurs idées furent combattues par Cuvier et Rathke. Plus récemment, M. Agassiz, M. Vogt et M. Virchow firent voir que les faits fournis par l'embryologie, tout en étant favorables à une partie des vues présentées par ces philosophes, fournissent de puissants arguments contre l'extension qu'ils donnaient à leurs hypothèses. Enfin, dans ces dernières années, la question a été reprise par M. Owen, à qui on doit un travail très-considérable et très-important sur l'archétype ou plan général du squelette des Vertébrés, et plus particulièrement sur les homologies des pièces constitutives de la tête osseuse. Je citerai aussi à ce sujet des publications plus récentes, dues à M. Goodsir d'Edimbourg, à M. Bruch de Francfort, à M. Huxley de Londres, et quelques autres anatomistes.

(*a*) Oken, *Ueber die Bedeutung der Schädelknochen*. Iena, 1807.

(*b*) Duméril, *Considérations générales, etc. De la tête considérée comme une vertèbre* (*Magazin encyclopédique*, 1808, t. III, p. 125).

(*c*) Blainville, *Prodrome* (*Bullet. de la Soc. philomat.*, 1816, p. 108). — *Ostéographie*, t. I, p. 21, etc.

— Spix, *Cephalogenesis*, 1815.

— Carus, *Lehrbuch der Zootomie*, 1818. — *Urtheilen des Knochen und Schädel-Gerüstes*, 1828. — *Traité d'anatomie comparée*, 1835, t. III, p. 272 et suiv.

— Ulrich, *Annotat. quædam de sensu ac significatione ossium capitis*, 1816.

— Bojanus, *Versuch einer Deutung der Knochen von Kopfe der Fische* (*Isis*, 1818, p. 498).

— *Parergon ad Bojani Anatomen Testudinis, cranii vertebratorum Animalium, scilicet Piscium, Reptilium, Avium, Mammalium comparationem faciens, icone illustrantem*. Vilnæ, 1821.

— Geoffroy Saint-Hilaire, *Composition de la tête osseuse de l'Homme et des Animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1824, t. III, p. 173).

— Cuvier, *Histoire des sciences naturelles*, t. V, p. 424 et suiv. — *Histoire naturelle des Poissons*, t. I, p. 307 et suiv.

— Owen, *Report on the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton* (*British Association*, 1846). — *Principes d'ostéologie comparée et recherches sur l'archétype et les homologies du squelette vertébré*, 1855.

— Lavocat, *Nouvelle Ostéologie comparée de la tête des Animaux domestiques, suivie d'un Exposé de la construction vertébrale de la tête*. Toulouse, 1864. — *Nouveau fait tératologique démontrant la construction vertébrale de la tête*, 1864.

— Fick, *Ueber die Architectur des Schädels der Cerebrospinalorganismen* (Muller's *Archiv für Anat.*, 1853, p. 88, pl. 2 et 3).

— Bruch, *Die Wirbeltheorie des Schädels, am Skelette des Lachses geprüft*. (*Senckenbergische naturforsch. Gesellsch.*, 1863, t. IV).

— Huxley, *On the Theory of the Vertebrate Skull* (*Proceed. Roy. Soc.*, 1858). — *Lectures on the Elements of Comp. Anat.*, 1864, p. 278 et suiv.

— Seeley, *Outline of a Theory of the Skull and the Skeleton* (*Ann. of Nat. Hist.*, 1866, t. 18).

une zone occipitale, ou segment postérieur, une zone moyenne, ou segment sphéno-pariétal, et une zone antérieure, ou segment présphéno-frontal (1).

Le caractère vertébral du segment occipital est indubitable : de même que les vertèbres postcéphaliques, il naît autour de la corde dorsale ; il embrasse la portion correspondante de l'axe cérébro-spinal, et il se compose d'un groupe de pièces osseuses qui, par leur position, leurs rapports anatomiques, leurs fonctions et même leur forme, ont une ressemblance frappante avec celles qui constituent une vertèbre cervicale. On peut même dire, sans se laisser entraîner à aucune exagération de langage, que cet anneau céphalique postérieur est une vertèbre à peine modifiée, si ce n'est par suite d'un élargissement considérable de son arc neural. L'os basioccipital, connu en anatomie humaine sous le nom d'*apophyse basilaire de l'occipital*, y représente évidemment le cycléal ou centrum des vertèbres ordinaires. Les pièces latérales qui portent les condyles articulaires, et qui sont parfois désignées sous le nom d'*os exoccipitaux*, sont les homologues sérialaires ou homotypes des lames vertébrales ou neurapophyses. L'épial, ou neurépine de la vertèbre typique, y constitue une pièce médiane et supérieure, appelée tantôt *os sus-occipital*, tantôt *os interpariétal*. Enfin, on peut assimiler à des pleurapophyses les pièces dites *mastoïdiennes*, qui dépendent du segment

(1) Il existe parmi les anatomistes un grand désaccord relatif au nombre de vertèbres qui constitueraient la tête. Ainsi Geoffroy Saint-Hilaire en compte sept (*a*); Oken et M. Owen, quatre ; et Spix, laissant de côté les os de la face, n'en admet que trois. Mais ces divergences d'opinions portent principalement sur l'interprétation de la composition de la face, et les trois segments crâniens dont il est ici question sont considérés comme les homologues d'autant de vertèbres par tous ces auteurs, bien que ceux-ci diffèrent entre eux quant à la détermination de certaines pièces.

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Composition de la tête osseuse* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. III). Voyez le tableau placé dans l'*Atlas*, pl. 9.

occipital, bien que dans beaucoup de cas elles semblent s'en détacher pour aller s'unir aux pièces latérales du segment moyen (1).

La similitude entre les deux segments suivants du crâne et la vertèbre est moins évidente, et les faits fournis par l'embryologie sont même défavorables à l'opinion assez généralement admise aujourd'hui, touchant le caractère vertébral de ces zones. En effet, la corde dorsale, qui est pour ainsi dire la base du système rachidien, ne se prolonge pas sous la base du crâne au delà du segment occipital, et le cartilage primordial, qui, chez le jeune embryon, représente le segment moyen de la boîte crânienne, ne se développe pas de la même manière que les cycléaux (2). Aussi quelques naturalistes éminents, notamment Rathke, M. Agassiz et M. Vogt, révoquent-ils en doute la justesse des vues théoriques d'après lesquelles cette zone crânienne consisterait, comme la zone occipitale, en une vertèbre modifiée. Mais l'argument employé par ces embryologistes ne me semble pas décisif, car nous savons que c'est la gaîne notocordienne, plutôt que la corde dorsale elle-même, qui joue un rôle important dans le travail organogénique dont résulte une vertèbre, et le blastème qui donne naissance à toute la région moyenne et antérieure de la boîte crânienne est évidemment en continuité de substance avec celui où se forme cette gaîne. L'absence de la corde dorsale et la division du cartilage crânien sur la ligne médiane, par suite de l'interposition de l'appendice pituitaire de l'encéphale qui, dans ce point, descend vers la fosse buccale, ne me paraissent donc

(1) M. Owen considère ces pièces mastoïdiennes comme étant des parapophyses ou apophyses, transverses inférieures.

(2) La terminaison antérieure de la corde dorsale a été très-bien représentée par Lereboullet chez le Brochet (*a*).

(*a*) Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le développement du Brochet*, etc. (*Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XVII, pl. 2, fig. 49 et 50).

pas être incompatibles avec l'homotypie entre ces anneaux et les anneaux vertébraux. Je pense par conséquent que, dans l'état actuel de nos connaissances, il convient de classer toutes ces parties protectrices de l'axe cérébro-spinal dans une seule et même catégorie.

Si nous nous plaçons à ce point de vue, nous ne pourrons méconnaître dans le corps du sphénoïde postérieur, ou os basisphénoïde, le représentant du cycléal de la vertèbre crânienne moyenne, et dans les grandes ailes du sphénoïde, ou os alisphénoïdaux, les homologues d'une paire de neurapophyses. M. Owen, qui a publié récemment un travail très-important sur la théorie vertébrale de la tête osseuse, pense que l'épine neurale correspondante se transforme ici en une paire de plaques osseuses de façon à constituer les pariétaux, et, pour rendre compte de l'existence de pièces qui se trouvent dans cette région, mais qui n'ont évidemment aucun homotype dans les vertèbres ordinaires, il admet que, tout en étant venu s'associer aux éléments vertébraux pour constituer avec eux les parois crâniennes, ces pièces ont une origine différente. Cela paraît être vrai pour les capsules auditives, qui forment les pièces osseuses appelées *rochers*, et pour les osselets de l'ouïe; enfin je ne vois pas de motifs suffisants pour regarder les os temporaux ou squameux comme des représentants des parties qui, dans les vertèbres postcéphaliques, constituent la racine antérieure de l'apophyse transverse.

Dans le segment crânien antérieur, le sphénoïde principal, ou présphénoïde, est comparable au corps des vertèbres, et les ailes orbitaires du sphénoïde semblent correspondre aux neurapophyses. Enfin, M. Owen voit dans les os frontaux les représentants de la neurépine, ou apophyse épineuse, et dans les apophyses orbitaires externes, ou os frontaux postérieurs, les homotypes des parapophyses.

Chez les Poissons osseux, l'axe céphalique, formé en majeure Face.

partie par le basioccipital, le basisphénoïde et le présphénoïde, est complété en avant par le *vomer*, et offre, avec la tige constituée par les corps des vertèbres postcéphaliques, une ressemblance si grande, qu'on est naturellement porté à considérer cet os facial comme étant aussi un centrum ou cycléal. Je suis donc disposé à croire que là, de même qu'à l'extrémité postérieure du corps, le système rachidien, bien que réduit à sa portion centrale, ne manque pas. On est aussi autorisé à comparer l'ethmoïde à des neurapophyses ; mais je ne puis admettre que la charpente solide de la face soit constituée essentiellement par une vertèbre, comme le supposent M. Owen et beaucoup d'autres anatomistes, et je ne vois aucune utilité à présenter les os nasaux comme étant les représentants des apophyses épineuses, ou les os palatins comme étant les homotypes des côtes. Il me semble même qu'il y a de graves inconvénients à supposer que les maxillaires supérieurs soient les représentants d'une paire de côtes sternales, et les intermaxillaires des hémapophyses ou sternites, ou bien encore à présenter la mâchoire inférieure, dans la composition de laquelle entrent jusqu'à sept paires de pièces osseuses, comme étant pour ainsi dire les côtes sternales de la vertèbre frontale. En effet, nous avons vu précédemment que ces parties si différentes du squelette ne se ressemblent ni par leur mode d'origine, ni par leur structure finale. J'ai eu précédemment l'occasion de faire connaître la disposition générale de cette portion de la charpente solide du corps (1), et j'y reviendrai en parlant des particularités qu'elle présente dans chacune des classes de l'embranchement des Vertébrés ; par conséquent je ne m'y arrêterai que peu ci, et je me bornerai à en rappeler les caractères principaux (2).

(1) Voyez tome VI, page 24 et suiv.; tome VIII, page 481 et suiv.

(2) Parmi les travaux récents sur la morphologie du segment facial,

§ 9. — La face des Animaux vertébrés est toujours divisée en trois régions principales, dont deux sont destinées spécialement à loger les organes de l'odorat et de la vue, et dont la troisième, tout en renfermant l'organe du goût, constitue le vestibule du tube digestif et le principal instrument préhenseur des aliments. L'étendue relative de ces parties varie beaucoup, et la charpente osseuse qui les sépare entre elles est d'autant plus complète que l'Animal est plus élevé en organisation. Ainsi, chez les Poissons, la région nasale occupée par les cavités olfactives est fort réduite et n'est que très-imparfaitement limitée par les os circonvoisins; la région oculaire est de grandeur médiocre, et les fosses orbitaires qui y sont creusées pour loger les yeux ont des parois en majeure partie membraneuses; enfin, la cavité buccale acquiert un développement énorme, mais sa voûte palatine n'est ossifiée que dans une faible partie de son étendue. Chez les Batraciens, les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères, les fosses nasales acquièrent une importance progressive, et leurs parois osseuses se complètent de plus en plus. Chez ces derniers Animaux, non-seulement elles se prolongent en arrière jusque sous la base du crâne, mais elles remontent vers la partie antérieure de cette boîte osseuse en s'enclavant entre les fosses orbitaires. C'est dans la classe des Mammifères seulement que ces dernières cavités ont des parois osseuses bien constituées en arrière et en bas, aussi bien qu'en haut et en dedans. Les os de la mâchoire supérieure, faiblement reliés au crâne chez les Poissons, y sont unis de plus

je citerai principalement ceux de MM. Owen, Huxley et Cleland (*a*).

(*a*) Owen, *Archetype* (*loc. cit.*). — *On the Vertebrate Structure of the Skull* (*Silliman's Journal*, 1847, t. III, p. 224).
— Huxley, *On the Theory of the Vertebrate Skull* (*Proceed. Roy. Soc.*, 1858). — *Elem. of Comp. Anat.*, 1864, p. 113 et suiv.
— Cleland, *On the Relations of the Vomer, Ethmoid and Intermaxillary Bones* (*Philos. Trans.*, 1862, p. 289, pl. 4 et 5).
— Lavocat, *Nouvelle Ostéologie comparée de la tête des Animaux domestiques, suivie d'un Exposé de la construction vertébrale de la tête*. Toulouse, 1864. — *Nouveau fait tératologique démontrant la constitution vertébrale de la tête*. Toulouse, 1864.

en plus intimement chez les Reptiles supérieurs, et mieux encore chez les Mammifères. Enfin, la mâchoire inférieure, suspendue au crâne par l'intermédiaire d'une grande cloison temporo-jugale chez les Poissons, se rapproche davantage de cette partie fondamentale de la tête osseuse chez les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux, mais sans y prendre directement ses points d'appui, et c'est chez les Mammifères seulement qu'elle s'y articule sans intermédiaire. Il est aussi à noter que cette mâchoire, composée toujours de deux branches écartées entre elles en arrière et rapprochées l'une de l'autre antérieurement, acquiert une solidité d'autant plus grande, qu'elle appartient à un Vertébré d'un rang plus élevé. Chez les Poissons, les Batraciens, les Reptiles et même les Oiseaux, chacune de ses branches est formée par la réunion d'un nombre considérable de pièces osseuses en général faiblement unies entre elles, et souvent les branches elles-mêmes sont plus ou moins mobiles l'une sur l'autre ; tandis que chez les Mammifères elles sont constituées chacune par une pièce unique, et elles sont très-solidement unies entre elles ; souvent même la soudure de leur symphyse devient si complète, que de très-bonne heure elles ne constituent qu'un os unique et impair.

On peut considérer comme une dépendance de la face une dépression plus ou moins profonde qui occupe toujours les côtés de la tête en arrière des fosses orbitaires, et qui sert principalement à loger les muscles releveurs de la mâchoire inférieure. Très-large, mais peu profonde chez les Poissons, elle se creuse davantage chez les Reptiles ; mais la cloison osseuse qui la sépare de l'orbite ne se perfectionne notablement que chez les Mammifères supérieurs. Elle peut se subdiviser en deux parties assez distinctes, appelées, l'une *fosse zygomatique*, l'autre *fosse temporale ;* enfin elle est souvent limitée du côté externe par une barre osseuse qui s'étend de la joue à la région temporale, et qui est désignée sous le nom d'*arcade zygomatique*.

Système hyoïdien.

§ 10. — Le plancher de la bouche et la portion adjacente de la région cervicale sont cloisonnés par un groupe de pièces osseuses ou cartilagineuses qui ont beaucoup de ressemblance avec la mâchoire inférieure, et qui constituent l'appareil hyoïdien. Nous avons vu précédemment qu'elles naissent à peu près de la même manière, et qu'elles constituent une série plus ou moins nombreuse d'arceaux qui paraissent en être des répétitions. Ce que j'en ai déjà dit (1) pourra suffire pour en donner une idée générale, et je me bornerai à ajouter ici que le système hyoïdien, auquel se rattache la charpente solide des voies respiratoires, ne me paraît devoir être confondu ni avec le système rachidien, ni avec le système sternal.

Pièces labiales, etc.

Enfin la charpente solide de la tête peut se compliquer encore davantage par suite de l'adjonction de pièces cartilagineuses ou osseuses qui n'appartiennent à aucun des systèmes dont je viens de parler, et qui paraissent être des dépendances des téguments ou des membranes aponévrotiques sous-cutanées auxquelles viennent aboutir les cloisons centrifuges du sclérome. Telles sont les pièces labiales dont il a été question dans une précédente Leçon (2), et les pièces jugales sous-orbitaires que l'on rencontre chez beaucoup de Poissons (3).

(1) Voyez tome II, page 218 et suiv. tome IX, page 482.

(2) Voyez tome VI, page 28 et suiv.

(3) Je joins ici, à titre de renseignement, un tableau de la composition vertébrale de la tête admise par M. Owen :

1° VERTÈBRE OCCIPITALE ou ÉPENCÉPHALIQUE :

CENTRUM (ou cycléal, Geoff.) = Portion basilaire de l'occiput ; occipital inférieur ; os basilaire, etc. (*basioccipital*, Owen).

NEURAPOPHYSES = Portions condyliennes de l'occipital, ou occipitaux latéraux (*exoccipitaux*, Ow.).

NEURÉPINE = Occipital supérieur ou interpariétal (*sus-occipital*, Ow.).

PARAPOPHYSES = Apophyses mastoïdes des Mammifères ; occipitaux externes des Poissons, Cuv. (*paroccipitaux*, Ow.).

PLEURAPOPHYSES = Omoplates (*sus-scapulaire* et *scapulaire*, Ow.).

HÉMAPOPHYSES = Coracoïdien, épisternum, etc.

APPENDICES = Humérus, etc.

2° VERTÈBRE PARIÉTALE ou MÉSENCÉPHALIQUE :

CENTRUM = Sphénoïde postérieur (*basisphénoïde*, Ow.).

Membres. § 11. — Les parties du squelette qui appartiennent aux membres sont également indépendantes du système rachidien et du système sternal ; elles s'associent à l'un ou à l'autre, mais elles n'en procèdent pas, et les relations qu'elles ont avec eux sont variables. Ainsi, la charpente solide des membres antérieurs va tantôt s'appuyer sur le sternum et la face externe des côtes ; d'autres fois elle s'enfonce au-dessous de ces derniers os (1), et d'autres fois elle s'unit à la partie postérieure de la tête (2). Les membres abdominaux sont sujets à des déplacements encore plus considérables ; en général ils s'insèrent à la portion de la colonne vertébrale qui se trouve dans

NEURAPOPHYSES = Grandes ailes ou ailes temporales des sphénoïdes (*accisphénoïdes*, Ow.).

NEURÉPINE = Pariétaux.

PARAPOPHYSES = Portion écailleuse des temporaux chez les Mammifères ; os mastoïdiens des Poissons (*mastoïdes*, Ow.).

PLEURAPHOPHYSES = Apophyses styloïdes (*stylohyals*, Ow.).

HÉMAPOPHYSE = Cornes antérieures de l'hyoïde (*épihyal*, Ow.).

HÉMÉPINE = Os lingual, corps de l'hyoïde, etc.

3° VERTÈBRE FRONTALE OU PROSENCÉPHALIQUE :

CENTRUM = Sphénoïde principal, ou sphénoïde antérieur (*prosphénoïde* et *entosphénoïde*, Ow.).

NEURAPOPHYSES = Ailes orbitaires du sphénoïde (*orbitosphénoïdes*, Ow.).

NEURÉPINE = Frontal ou coronal.

PARAPOPHYSES = Apophyses orbitaires externes ou frontaux postérieurs (*postfrontaux*, Ow.).

PLEURAPOPHYSES = Os tympanique, etc.

HÉMAPOPHYSE = Mâchoire inférieure (*mandibule*, Ow.).

4° VERTÈBRE NASALE OU BLENENCÉPHALIQUE :

CENTRUM = Vomer.

NEURAPOPHYSES = Ethmoïde des Mammifères ; préfrontal des Poissons.

NEURÉPINE = Os nasaux.

PLEURAPOPHYSES = Palatins.

HÉMAPOPHYSE = Maxillaires supérieurs.

HÉMÉPINE = Intermaxillaires (*prémaxillaires*, Ow.).

SPLANCHNOSQUELETTE CÉPHALIQUE :

1° Capsules des sens = Rocher ou *pétrosal*, Ow. ; osselets de l'ouïe (*ostéal*, Ow.) ; *sclérotal*, Ow. ; *ethmoturbinal*, Ow. (= portion de l'ethmoïde) ; *turbinal*, Ow. ; os nasaux des Poissons ; cornets inférieurs des Mammifères.

2° Arcs branchiaux.

DERMOSQUELETTE CÉPHALIQUE :

Surorbital, Ow.
Surtemporal, Ow.
Lacrymal, Ow.
Sous-orbital, Ow.
Labial, Ow.

(1) Chez les Tortues.

(2) Chez les Poissons.

le voisinage de l'anus, mais parfois ils s'avancent jusque sous la gorge et même jusqu'à la symphyse du menton. Or, une pareille instabilité dans les connexions anatomiques me semble incompatible avec les idées des auteurs qui considèrent la première paire de ces appendices comme étant une dépendance de la vertèbre occipitale et rapportent la seconde à un segment déterminé de la colonne vertébrale. A mon avis, il n'y a aussi aucune utilité à les comparer à des mâchoires et à y chercher des termes correspondants dans les séries de pièces dont se composent ces parties si différentes de l'organisme.

Le plan d'après lequel les deux paires de membres sont constituées est essentiellement le même, et d'ordinaire tout os qui existe dans l'un de ces appendices a son homotype dans chacun des autres; enfin la similitude de composition et même de conformation est des plus remarquables entre ces parties, non-seulement chez tous les Animaux d'une même classe, mais aussi chez tous les Vertébrés (1).

La charpente solide de ces membres se compose de deux parties principales : l'une, basilaire, large et peu proéminente, qui constitue un point d'appui plus ou moins fixe; l'autre, très-saillante, essentiellement mobile, et formant un levier articulé.

(1) Je reviendrai sur ce sujet en traitant du squelette dans chacune des classes de Vertébrés et en étudiant le mode de constitution des divers organes de locomotion ; mais je crois utile d'indiquer ici les principaux travaux généraux qu'il faut consulter sur la morphologie et le développement de cette partie de la charpente solide (*a*).

(*a*) Cuvier, *Anatomie comparée*, 2ᵉ édit., t. I, p. 341 et suiv.
— Owen, *On the Nature of the Limbs*, 1849.
— Gervais, *Comparaison des membres chez les Animaux vertébrés* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1853, t. XX).
— Goodsir, *On the Morphological Constitution of the Limbs* (*Edinburgh new Philosoph. Journ.*, 1857, t. V, p. 178).
— Humphrey, *Observations on the Limbs of Vertebrate Animals; the Plan of their Constitution, their Homology and the Comparison of the fore and hind Limbs* (*Contrib. to the Cambridge Philosophical Society*, 1860).
— Rosenberg, *Ueber die Entwickelung des Extremitäten-skeletes* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1872, t. XXIII).

La portion basilaire est appelée *épaule* ou *hanche*, suivant sa position dans l'organisme, et, lorsqu'elle est constituée d'une manière complète, elle se compose toujours de trois os formant autant de branches divergentes et se réunissant vers le centre du groupe, soit directement, soit par l'extrémité de l'un d'eux, avec lequel les deux autres viennent s'articuler (1). L'une de ces pièces prend le nom d'*omoplate* ou de *scapulum* aux membres antérieurs, et d'*os iliaque* aux membres postérieurs, et elle forme ou concourt à former la cavité articulaire où se loge l'extrémité basilaire du levier constitué par la portion mobile du membre. Les deux autres sont désignées sous les noms de *clavicule* et d'*os coracoïdien*, lorsqu'elles appartiennent aux membres thoraciques; de *pubis* et d'*ischion*, quand elles entrent dans la composition des membres postérieurs. Les os des deux épaules, de même que les os des deux hanches, tendent à se réunir inférieurement, soit directement, soit en s'associant à une pièce intermédiaire fournie par la partie adjacente du squelette et à former autour de la portion correspondante du corps une ceinture partielle qui souvent se complète à l'aide d'une portion du système rachidien. Cette dernière disposition est dominante pour les membres postérieurs, car presque toujours les os des hanches, en se réunissant aux vertèbres dont se composent le sacrum, constituent un large anneau appelé *bassin*, et quelquefois les os de l'épaule se comportent d'une manière analogue; car chez les Poissons ils s'articulent avec la partie postérieure de la tête, et forment ainsi, dans la

(1) Je ne parle ici que du type prédominant des appareils scapulaire et pelvien, car les dispositions d'une importance secondaire varient beaucoup chez les divers Vertébrés, ainsi qu'on peut le voir par le travail qu'un anatomiste anglais, M. Parker a publié récemment sur la composition de la ceinture scapulo-sternale chez ces Animaux (*a*).

(*a*) Parker, *A Monograph of the Structure and Development of the Shoulder-girdle and Sternum in the Vertebrata* (*Ray Society*, 1868).

région jugulaire, une ceinture complète. Mais lorsque, soit les épaules, soit les hanches, perdent de leur importance, elles peuvent se dissocier et cesser d'être en connexion avec la charpente solide du tronc.

La portion mobile de tout membre typique se compose de trois leviers placés bout à bout, réunis par des articulations, susceptibles de jouer les uns sur les autres et offrant une structure d'autant plus complexe qu'ils sont situés plus loin du tronc. Le premier de ces leviers, appartenant soit au bras, soit à la cuisse, est articulé sur la portion basilaire du membre, et se compose d'un seul os long, appelé *humérus* dans le premier cas, et *fémur* dans le second cas. Le levier moyen, représenté par l'avant-bras ou par la jambe, se compose de deux os principaux placés parallèlement entre eux : dans le membre antérieur, on les nomme *cubitus* et *radius;* dans le membre postérieur, *tibia* et *péroné*. En général, on y trouve aussi une troisième pièce osseuse qui souvent se réunit à l'un des os précédents, mais qui d'autres fois en reste distincte, et qu'on appelle tantôt *rotule*, d'autres fois *olécrâne*. Enfin, la troisième portion du membre, ou levier terminal, constitue les organes appelés le plus ordinairement des *pieds* ou des *mains*, et se subdivise presque toujours en trois parties désignées sous les noms de *carpe* ou de *tarse*, de *métacarpe* ou de *métatarse*, et de *doigts* ou d'*orteils*. Enfin, chacune de ces parties se compose typiquement de plusieurs pièces disposées sur une ou plusieurs rangées transversales. Dans le carpe et le tarse, il y a en général deux de ces rangées composées chacune de quatre ou de trois petits os ; dans le métacarpe, ainsi que dans le métatarse, il n'y a qu'une seule rangée formée par de petits os longs, dont le nombre typique est cinq ; souvent, en apparence ou même en réalité, il y en a moins, soit parce qu'en se développant, plusieurs se confondent entre eux, soit que les termes extrêmes de la série fassent défaut ; quelquefois aussi les pièces qui

y correspondent sont en plus grand nombre. Les doigts ont une structure plus complexe : leur nombre typique est aussi de cinq, mais n'offre rien de constant dans l'ensemble de l'embranchement des Vertébrés ; chacun d'eux s'insère sur l'extrémité du métacarpien ou du métatarsien correspondant, et se compose d'une série de petits os longs, appelés *phalanges*. En général il y a trois phalanges pour chaque doigt, mais souvent il n'y en a que deux ou même une seule, tandis que d'autres fois leur nombre est plus grand.

La forme des membres est susceptible de varier beaucoup, suivant les fonctions auxquelles ces organes sont adaptés, et les modifications qu'ils subissent portent principalement sur leur portion terminale. En effet nous verrons, dans une autre Leçon, que ces appendices peuvent être employés à constituer non-seulement des mains et des pieds, mais aussi des nageoires ou des ailes, et que ces transformations peuvent s'opérer sans porter atteinte au plan commun d'après lequel ils sont organisés. Parfois, cependant, les modifications sont si profondes, que la détermination des parties homologues devient très-difficile : nous en verrons des exemples quand nous étudierons la structure des nageoires chez les Poissons ; mais, même dans ces parties, les caractères généraux de la charpente solide restent constants.

Résumé. § 12. — En résumé, nous voyons donc que, dans tout l'embranchement des Animaux vertébrés, le squelette, tantôt plus ou moins simplifié, tantôt compliqué d'une manière insolite, est constitué d'après un même plan général, et se compose essentiellement de parties qui, tout en variant par la forme, la grandeur et le nombre, se représentent mutuellement dans les divers organismes. L'unité du plan est manifeste et la similitude de composition est indubitable.

Il nous faut maintenant entrer dans plus de détails, et étudier le squelette, non-seulement dans chacune des cinq classes

d'Animaux vertébrés, mais aussi chez les principaux types secondaires appartenant à ces divers groupes naturels. A certains égards, il serait préférable d'examiner d'abord la charpente solide des Poissons, et de passer ensuite en revue successivement les Batraciens, les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères; car c'est chez les Poissons que cette partie de l'organisme s'éloigne le moins des formes embryonnaires communes, et c'est chez les Mammifères qu'elle offre sous beaucoup de rapports le plus de perfection. Mais, en procédant ainsi, l'étude du squelette présenterait plus de difficultés et nécessiterait des explications plus longues que si nous prenions pour premier terme de comparaison les Mammifères. En effet, la conformation de la charpente solide du corps humain est si généralement connue, qu'il est facile, en l'étudiant, d'acquérir des notions exactes touchant la structure des Animaux dont la structure est à peu près la même; tandis que l'organisme des Poissons s'éloigne tant de tout ce qu'on a d'ordinaire sous les yeux, qu'il n'est pas toujours aisé d'en donner une idée exacte, à moins de pouvoir montrer ce dont on parle, condition que je ne puis remplir dans ces Leçons. Nous passerons donc maintenant à l'examen des particularités anatomiques propres au squelette des Mammifères, et nous nous occuperons plus tard des Vertébrés inférieurs.

QUATRE-VINGT-ONZIÈME LEÇON.

SQUELETTE DES MAMMIFÈRES. — Tête osseuse. — Appareil hyoïdien. — Colonne vertébrale. — Système sternal. — Membres.

Squelette des Mammifères.

§ 1. — En traitant de l'ostéologie des Mammifères (1), je n'ai pas l'intention de passer en revue toutes les particularités que les diverses parties de la charpente solide de ces Animaux peuvent offrir dans les différentes familles, genres ou espèces dont ce groupe zoologique se compose; je me propose seulement

(1) Les principaux ouvrages sur l'ostéologie des Mammifères en général, que je crois devoir citer ici sont, indépendamment des traités spéciaux d'anatomie comparée, dont j'ai déjà eu souvent l'occasion de faire mention, les Mémoires de Cuvier, l'Atlas de Pander et Dalton, l'*Ostéographie* de Blainville, le livre de M. Owen sur l'anatomie des Vertébrés, et un volume publié récemment par M. Flower (*a*).

Pour l'ostéologie de certaines familles, genres ou espèces, je signalerai particulièrement les travaux dont la liste est ci-jointe (*b*).

(*a*) Cuvier, *Rech. sur les ossements fossiles.*

— Pander und Dalton, *Vergleichende Osteologie*, 1821-1827.

— Blainville, *Ostéographie, ou Description iconographique comparée du squelette et du systèms dentaire des Mammifères récents et fossiles*, 4 vol. in-4°, 1839-1864.

— Huxley, *Elements of Comparative Anatomy*, 1864.

— Owen, *On the Anatomy of Vertebrates*, 2 vol., 1860.

— Flower, *An Introduction to the Osteology of the Mammals*, 1870.

(*b*) Dans cette note les citations sont groupées zoologiquement.

SIMIENS :

— R. Owen, *On the Osteology of Chimpanzees and Orang-Utan* (*Trans. Zool. Soc.*, 1835, t. I). — *Osteological Contributions to the Notural History of Chimpanzees* (*Trans. Zool. Soc.*, 1848, t. III, et 1851, t. IV). — *Mem. on the Gorilla* (*Trans. Zool. Soc.*, 1866, t. V).

— Wyman, *Osteology of the Troglodytes Gorilla* (*Boston Journ. of Nat. Hist.*, t. V, 1847).

— Duvernoy, *Caractères anatomiques des grands Singes pseudo-anthropomorphes* (*Arch. du Muséum*, 1855, t. VIII, pl. 1-6).

— Gratiolet et Alix, *Sur l'anat. des Troglodytes* (*Nouv. Arch. du Muséum*, t. II, pl. 2-4).

— St. George Mivart, *Contributions towards a more complete Knowledge of the Skeleton of the Primates* (*Trans. Zool. Soc.*, 1866, t. VI, p. 175). — *On the Appendicular Skeleton of the Primates* (*Phil. Trans.*, 1867, p. 299)

— Schwartze, *Descr. osteol. capitis Simiæ parum adhuc notæ.* Berlin, 1839.

LÉMURIENS :

— Fischer, *Anatomie der Maki*, 1804.

— Murie and St. George Mivart, *On the Anatomy of the Lemuridæ* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VII). — *Addition. Notes* (*Proceed. Zool. Soc.*, 1867).

— Mivart, *On the Skull of* Indris diadema (*Proceed. Zool. Soc.*, 1867).

— Burmeister, *Gattung* Tarsius. Berlin, 1846.

— Owen, *On the Aye-aye* (*Trans. Zool. Soc.*, 1866, t. V).

d'appeler l'attention sur les caractères généraux de cette partie de l'organisme de ces Vertébrés supérieurs, et de signaler brièvement les principales modifications de structure que l'on y remarque. Tête.

La *tête* des Mammifères est remarquable par le grand déve-

Insectivores :

— St. George Mivart, *Notes sur l'ostéologie des Insectivores* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IX).

Rongeurs :

— Fréd. Cuvier, *Sur les Gerboises et les Gerbilles* (*Trans. Zool. Soc.*, 1841, t. II, pl. 24-26).

— *Annotazioni resguardanti l'anat. del* Chloromys (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1850, t. VI, p. 153, pl. 4).

— Calori, *Sulla struttura del* Helamys cafer (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1854, t. V, p. 245, pl. 9).

— Bennett, *On Chinchillidæ* (*Trans. Zool. Soc.*, 1833, t. I).

— Brandt, *Ueber die craniologischen Entwickelungsstufen und Class. der Nager* (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, t. VII).

— Alph. Milne Edwards, *Mém. sur le* Lophiomys (*Nouv. Arch. du Muséum*, t. III, 1867).

Carnassiers :

— Alessandrini, *Annotaz. anat. intorno il* Paradoxurus typus (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1851, t. III, p. 20, pl. 4).

— *Illustr. di uno scheletro di Foca* (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1850, t. II, p. 141, pl. 6 et 7).

— *Osserv. anat. sullo scheletro del* Moschus pygmæus (*Mém. de l'Acad. de Bologne*, 1848, t. I, p. 587, pl. 19).

— Hermann de Pommersche, *Comment. de* Ursi longirostris *sceleto*. Berlin, 1829.

— Alph. Milne Edwards et Grandidier, *De l'organisation du* Cryptoprocta ferox (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, 1867, t. VII.

Édentés :

— Alessandrini, *Cenni sull' anatomia del Dasypo maximo* (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1850, t. VII, p. 285, pl. 15).

— Idem, *Annotazioni anat. sul Formichiere didactylo* (*ibid.*, 1851, t. III, p. 433, pl. 29).

— Idem, *Cenni sulla struttura del Formichiere medio* (*ibid.*, 1853, t. IV, p. 391).

— Burmeister, *Monografia de los Glyptodontes* (*Ann. del Museo de Buenos-Ayres*, t. II).

— Huxley, *On the Osteology of the genus* Glyptodon (*Philos. Trans.*, 1865).

— G. Pouchet, *Contribution à l'anatomie des Édentés* (*Journal d'anatomie* de Robin, 1866).

— Mossmann, *Descript. osteologica cranii* Myrmecophagæ tetradactylæ. Berlin, 1823.

— Nodot, *Descr. d'un nouveau genre d'Édenté fossile* (*Mém. de l'Acad. de Dijon*, 2e série, 1856, t. V).

Siréniens :

— Nordmann, *Zur* Rhytina Stelleri (*Soc. scient. Fennicæ*, 1861) t. XVII,.

— Brandt, *Symbolæ sirenologicæ*, 1846-68.

Cétacés :

— Eschricht, *Unters. über die nordischen Walthiere*, 1849.

— *Ni Tavler til Oplysning af Hvaldirenes Bygning* (*Acad. de Copenhague*, 1869 t. IX).

— Eschricht and Reinhardt, *On the Greenland Right Whale* (*Recent. Mem. on Cetacea*, *Roy. Soc.*, 1866).

Reinhardt, *Pseudorca crassidens* (*Op. cit. Roy. Soc.*, 1866).

— Flower, *Descript. of the Skeleton of* Inia Geoffrensis, *etc.* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VI). — *Descript. of the Skeleton of the Chinese white Dolphin* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VII). — *On the Recent Ziphioid Whales* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VIII). — *On the Osteology of the Cachalot* (*ibid.*, t. VI).

— Van Beneden et Gervais, *Ostéographie des Cétacés vivants et fossiles*, in-4°.

— Burmeister, *Descr. del* Epiodon australe (*Ann. del Museo de Buenos-Ayres*, 1860) t. I,.

— Malm, *Hvaldjur i sveriges Museer*. (*Acad. de Stockholm*, 1871, t. IX).

Marsupiaux :

— Temminck, *Monographie de Mammalogie*, t. I, pl. 1-7.

— Owen, *On the Osteology of Marsupialia* (*Trans. Zool. Soc.*, 1838, t. II et III).

loppement du crâne et la solidité de la charpente osseuse de la face. C'est chez ces Animaux que les fosses orbitaires acquièrent les parois osseuses les plus complètes, que les fosses nasales atteignent le maximum de leur développement, et que la cavité buccale est le plus fortement organisée comme instrument préhenseur. Il est aussi à noter que l'appareil de l'audition, logé dans l'épaisseur des parois latérales du crâne, comme chez les autres Vertébrés supérieurs, s'y enfonce plus profondément, et que les os tympaniques, au lieu d'être saillants au dehors et de constituer des suspensions pour la mâchoire inférieure, concourent à la formation de ces parois, circonstance qui entraîne l'articulation directe de ce dernier organe avec la base du crâne. J'ajouterai que le mode d'articulation de la tête sur la colonne vertébrale est également différent de ce que nous verrons dans les autres classes du même embranchement zoologique.

Cuvier a insisté avec raison sur la manière dont le développement de la face et le développement du crâne se contre-balancent chez les différents Vertébrés, ainsi que sur les relations qui existent entre la prédominance de l'une ou de l'autre de ces régions céphaliques et le caractère intellectuel de ces Animaux. Plus la boîte crânienne est grande, plus la face est réduite, moins l'influence des appétits est prépondérante sur les actes de ces êtres. Or, sous ce rapport, les Mammifères en général sont mieux constitués que ne le sont les autres Vertébrés, et il existe de Mammifère à Mammifère des différences très-considérables (1); on peut même juger jusqu'à un certain

(1) Cuvier considère la grandeur relative de la face comme étant en rapport avec le développement des organes de la vue, de l'odorat et du goût, qui sont logés dans cette partie de la tête (a); mais cette opinion ne me paraît point exacte. Le volume de la face dépend essentiellement de la

(a) Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édit., t. II, p. 150 et suiv.

point du degré de supériorité relative de ces êtres par la petitesse de leur face comparativement au volume de leur crâne (1). Lorsque nous étudierons les fonctions intellectuelles des Animaux, nous aurons à revenir sur ce sujet, et nous verrons alors qu'on peut assez apprécier le degré de développement relatif, soit de la face, soit du crâne des Mammifères, par la mesure de ce que Camper a appelé l'*angle facial*.

Un autre indice de supériorité nous est fourni par la position du grand trou occipital, orifice par l'intermédiaire duquel la boîte crânienne communique avec le canal rachidien et l'encéphale se trouve en continuité de substance avec la moelle épinière (2).

grandeur de la cavité buccale, qui est une conséquence du développement plus ou moins considérable des mâchoires, et n'a aucun rapport avec le degré de perfectionnement du sens du goût ou du sens de l'odorat. Je dirai même que les Mammifères dont la face atteint le maximum de développement proportionnellement au crâne (savoir, la Baleine et le Cachalot) sont précisément ceux chez lesquels le goût et l'odorat sont les plus imparfaits, et que les Poissons sont, de tous les Vertébrés, les moins bien partagés sous ce rapport, bien que leur face soit, comparativement au crâne, plus grande que dans aucune autre classe.

(1) Pour comparer facilement entre elles ces deux régions céphaliques, Cuvier fait usage d'une section verticale de la tête suivant la ligne médiane, et il mesure sur cette préparation les deux aires limitées, l'une par les parois du crâne, l'autre par le contour de la face vue ainsi de profil (a). Chez l'Homme, l'aire de la face ne dépasse guère le quart de l'aire du crâne. Chez les Singes, du genre Sajou, elle correspond à la moitié de cette dernière. Chez les Macaques, les Mandrills et la plupart des Carnassiers, ces deux aires sont à peu près de même grandeur. Chez les Rongeurs, les Pachydermes proprement dits, les Ruminants, etc., l'aire de la face est plus grande que l'aire du crâne, et parfois la différence devient énorme : ainsi les rapports sont comme 1 à 2 chez le Porc-épic ; presque comme 1 à 3 chez l'Hippopotame, et comme 1 à 4 chez le Cheval. Chez les Baleines et les Cachalots, l'aire du crâne est de quinze à vingt fois moindre que l'aire de la face.

(2) Chez l'Homme, le plan du trou occipital est presque horizontal, et cette ouverture est placée vers le tiers postérieur de la face inférieure de la tête (b).

(a) Cuvier, *Op. cit.*, t. II, p. 167.
(b) Daubenton, *Sur les différences de la situation du trou grand occipital dans l'Homme et dans les Animaux* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1764, p. 568).

Chez les Mammifères inférieurs, cette ouverture est située à la face postérieure du crâne et l'axe basilaire de la tête suit la même direction que l'axe rachidien; mais, chez les Animaux dont l'organisation est plus parfaite, le trou occipital descend de plus en plus vers la base du crâne, et va enfin se placer à la face inférieure de celui-ci, à une distance assez grande de sa face postérieure; disposition qui détermine un changement considérable dans la position de la tête. Effectivement, au lieu d'être placée en prolongation de la colonne vertébrale, comme dans le premier cas, la tête se trouve posée transversalement sur cette tige, comme le fléau d'une balance sur le support qui lui fournit son point d'appui. Ainsi, chez l'Homme, l'articulation de la tête sur le rachis est située à la face inférieure du crâne, tandis que chez les Mammifères inférieurs elle est dirigée directement en arrière et se trouve à la face postérieure de la région occipitale.

Cette articulation se fait au moyen d'une paire d'éminences osseuses, appelées *condyles occipitaux*, qui sont situées latéralement sur le bord du grand trou occipital et qui sont reçues dans des cavités correspondantes de la première vertèbre cervicale. Elle est consolidée par des liens fibreux, et elle ne se prête que très-peu à des mouvements de rotation ou de flexion latérale de la tête sur la colonne rachidienne, mais elle est très-bien disposée pour l'abaissement ou l'élévation de la face dans le plan vertical. Nous verrons bientôt que dans les autres classes d'Animaux vertébrés cette articulation ne présente pas les mêmes caractères.

Occipital. Le segment postérieur du crâne, relié de la sorte à la colonne vertébrale, est formé chez l'adulte par un os unique appelé *occipital*, qui ressemble beaucoup à une vertèbre rachidienne dont l'arc neural serait énormément développé, et constituerait une lame montante très-élargie latéralement et concave en avant, au lieu de se rétrécir en forme de crête ou de stylet, comme

le fait d'ordinaire l'apophyse épineuse (1). Le grand trou qui en occupe la partie moyenne est en tout semblable aux anneaux rachidiens contenant la moelle épinière, et sa portion basilaire, qui fait suite à l'axe constitué par les corps des vertèbres, en est évidemment un homotype. Pendant le jeune âge, elle est complétement indépendante des autres pièces du segment occipital; mais elle ne tarde pas à se souder avec une paire de pièces latérales qui portent les condyles dont je viens de parler et sont les représentants des lames vertébrales, ou neurapophyses. Celles-ci, par leur bord opposé, s'unissent à une large lame montante qui, à raison de sa position et de ses connexions anatomiques, est facile à reconnaître comme étant une neurépine ou os épial. Enfin, l'occipital est complété supérieurement par une pièce médiane qui tantôt se confond avec la précédente de très-bonne heure, ou avorte même (2),

(1) Cette portion montante est souvent désignée sous les noms de *portion lambdoïde* ou d'*écaille* de l'occipital.

(2) La division primordiale de l'os occipital en plusieurs pièces est connue des anatomistes depuis fort longtemps (*a*), mais il reste encore quelque incertitude sur le nombre de centres ostéogéniques ou points d'ossification qui y donnent naissance. Dans le fœtus humain, les quatre pièces principales sont faciles à voir à l'époque de la naissance (*b*). Le basilaire et les deux os condyliens ou occipitaux latéraux naissent chacun par un point d'ossification; ils sont par conséquent simples dès leur origine, et chez quelques Mammifères ils conservent leur indépendance pendant fort longtemps, notamment chez les Marsupiaux et certains Rongeurs (*c*).

La portion montante ou écailleuse de l'occipital a une constitution plus complexe. Ainsi, dans le fœtus humain, on trouve quatre points d'ossification qui se réunissent entre eux par paires pour constituer deux pièces impaires, lesquelles se confondent à leur tour pour former l'os sus-occipital; enfin on a signalé aussi dans la partie supérieure de cette portion écailleuse d'autres points d'ossification dont naissent les os wormiens.

(*a*) R. Colombius, *De re anatomica, libri quindecim*, 1559.
— Kerckring, *Anthropogeniæ Iconographia*.
(*b*) Voyez Bourgery, *Traité de l'anat. de l'Homme*, pl. 23, fig. 1.
— Rambaud et Renault, *op. cit.*, p. 101.
— Jacquart, *De l'os épactal* (*Journ. d'anat.*, 1865, t. II, pl. 29 et 32).
(*c*) Ex. : l'Helamys, voyez Calori, *Sulla struttura del* Helamys cafer (*Mém. de l'Acad. des sc. de Bologne*, 1854, t. V, pl. 9, fig. 3 et 4).

mais d'autres fois se développe davantage et conserve son indépendance chez l'Animal adulte. Dans l'espèce humaine, ainsi que dans les Singes et beaucoup d'autres Mammifères, elle ne se développe pas ou disparaît très-promptement, à moins de donner naissance à une pièce de forme irrégulière appelée *os wormien;* mais, chez quelques Animaux de cette class e,elle est très-bien délimitée, et constitue sur la ligne médiane du sinciput une pièce appelée *os épactal* ou *os interpariétal* (1). Enfin la ressemblance entre l'os occipital ainsi constitué et les vertèbres rachidiennes est complétée par l'existence d'un prolongement latéral, qui, de chaque côté, naît de l'occipital latéral

(1) Ces os crâniens, dont l'existence a été d'abord signalée chez le Cheval (*a*), constituent en général une pièce impaire, qui forme l'angle supérieur de l'occipital et s'avance plus ou moins entre les pariétaux. Souvent ils se soudent à ces derniers avant de s'unir à la portion adjacente de l'occipital. Chez divers Rongeurs, tels que la Souris (*b*), l'Aulacode (*c*), l'*Helamys* (*d*), le Castor (*e*) et l'Athérure (*f*), chez le Daman (*g*), les Rhinocéros (*h*) et chez la plupart des Marsupiaux, l'os interpariétal reste distinct.

Les os wormiens, ou os épactaux, que l'on rencontre souvent dans la même région du crâne chez l'Homme, ont donné lieu à beaucoup de publications (*i*). Cuvier refuse d'y voir les représentants de l'os interpariétal des Mammifères dont je viens de parler (*j*); mais son opinion à ce sujet n'est adoptée par aucun anatomiste actuel. Otto a donné des figures des os wormiens chez plusieurs espèces de Singes (*k*).

(*a*) Rimini, *Anatomia del Cavallo*, p. 18 et 57, fig. 8.
(*b*) Merrem, p. 59, pl. 2, fig. 11 (d'après Cuvier).
— Meyer, *Prodromus anat. Murium*, 1800, p. 15, fig. 6 et 8.
(*c*) Temminck, *Monographie de Mammal.*, t. I, pl. 25, fig. 3.
(*d*) Calori, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Bologne*, 1854, t. V, pl. 9, fig. 2).
(*e*) Blainville, *Ostéographie*, t. IV, CASTORS, pl. 2.
(*f*) Idem, *Op. cit.* t. III, HYSTRIX, pl. 2.
(*g*) Cuvier, *Ossements fossiles*. t. II, DAMAN, pl. 5.
(*h*) Idem, *Op. cit.*, t. III, pl. 79, fig. 4.
(*i*) Ainsi nommés d'après l'anatomiste danois Olaus Wormius, à qui on en a attribué la découverte.
(*j*) Meckel, *Beiträge zur vergleich. Anat*, t. I, p. 34.
— G. Fischer, *De osse epactale sive Gœtheriano*, 1811, cum tab.
— Van der Hoeven, *Observ. acad.*, p. 187.
— Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édit., t. II, p. 701.
— Leuckart, *Zool. Bruchstücke*, 1841, t. II.
— Gruber, *Abhandl. aus der menschlichen und vergleich. Anat.*, 1852.
— Jacquart, *De la valeur de l'os épactal comme caractère de race en anthropologie* (*Journ. d'anat.*, 1865, t. I, p. 244 et 465).
(*k*) Otto, *De rarioribus quibusdam sceleti humani cum Animalium sceleto analogiis*, 1839, pl. 1, fig. 2-8.

et qui est comparable aux apophyses transverses de celles-ci. Ces protubérances qui occupent les angles latéraux de l'occipital, et qui sont désignées sous le nom d'*apophyses jugulaires* ou *paramastoïdiennes*, chez l'Homme, prennent un développement considérable chez divers Carnassiers (1).

La portion écailleuse ou montante de l'occipital donne attache aux principaux muscles releveurs de la tête, et son développement est en rapport, non-seulement avec le volume de la portion postérieure de l'encéphale, mais aussi avec le degré de puissance que ces organes moteurs doivent avoir pour faire équilibre au poids de la face. Aussi y remarque-t-on beaucoup de rugosités servant à l'insertion de ces muscles, et souvent sa surface est agrandie par la formation d'une crête transversale qui correspond à ses bords latéro-supérieurs (2); une autre crête, dirigée longitudinalement, se trouve sur la ligne médiane (3), et donne attache à une bande fibreuse, appelée *ligament cervical*, qui va se fixer d'autre part sur les apophyses épineuses des vertèbres rachidiennes et remplit des fonctions analogues à celles des muscles dont je viens de parler. Chez divers Cétacés, cette portion de l'occipital prend un grand développement et chevauche même sur les autres os de la voûte du crâne, ainsi que nous le verrons lorsque nous étudierons la région faciale de la tête chez ces Mammifères pisciformes.

(1) Par exemple chez les Ours, où elles ont été désignées sous le nom d'*apophyses préoccipitales* (a).

(2) Chez l'Homme, ces crêtes n'occupent pas le bord de l'occipital : elles sont peu développées et constituent les saillies appelées *lignes courbes supérieures*.

(3) Dans les traités d'anatomie humaine, on désigne la partie supérieure de cette saillie osseuse sous le nom de *protubérance occipitale externe*, et sa portion inférieure est appelée *crête occipitale externe*; mais dans les ouvrages de zoolomie, on applique communément ce dernier nom à la crête transversale qui occupe les bords latéro-supérieurs de l'occipital.

(a) Flower, *On the Value of the Characters of the base of the Cranium*, p. 7, fig. 1 (Extrait des *Proceed. of the Zool. Soc.*, 1860).

Près de la base des condyles de l'occipital, on remarque de chaque côté un trou qui livre passage au nerf hypoglosse (1). Enfin la portion basilaire de l'occipital, plus épaisse que la portion écailleuse, se rétréeit antérieurement et s'avance plus ou moins loin entre les portions latéro-inférieures du second segment crânien (2).

Second segment crânien.

Celui-ci, très-large d'avant en arrière supérieurement et fort rétréci dans la région basilaire de la tête, se compose essentiellement des deux os pariétaux en dessus, des os temporaux et de leurs annexes sur les côtés, du sphénoïde postérieur et de ses dépendances en dessous.

Pariétaux.

Les *os pariétaux* sont simples dès leur origine ; ils ne se constituent pas aux dépens d'un cartilage crânien primordial, comme le font les pièces occipitales dont je viens de parler, et se développent en rayonnant d'un point central (3). En se

(1) Ces ouvertures, appelées *trous condyloïdiens antérieurs*, sont situées au fond d'une paire de fosses qui portent le même nom.

(2) Chez quelques Mammifères, cet os basioccipital présente une division sur la ligne médiane (*a*), et cette particularité, qui rappelle l'anomalie de la colonne vertébrale observée dans quelques cas de monstruosités dans l'espèce humaine et désignée sous le nom de *spina bifida* antérieur, semble indiquer que le cycléal ou centrum doit être primitivement composé de deux pièces paires.

(3) Jadis on pensait que tous les os étaient primitivement des cartilages ; mais les recherches des embryologistes modernes prouvent que les pariétaux et la plupart des autres pièces solides de la voûte crânienne, ainsi que de diverses parties de la face, ne passent pas par cet état, et se constituent directement par le développement d'une substance ostéogène particulière (*b*). En effet, les parois primordiales du crâne des Mammifères ne donnent naissance à un cartilage que dans leur portion basilaire et dans la voûte formée par leur partie supérieure (*c*) ; elles restent dans un état submembraneux jusqu'à ce que

(*a*) Par exemple chez l'*Helamys* ; voyez Calori, *Op. cit.* (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1854, t. V, pl 9, fig. 3).

(*b*) Spöndli, *Ueber die Primordialschädel der Säugethiere und des Menschen*, dissert. inaug. Zurich, 1846, fig. 1-8.

(*c*) Rathke, *Ueber die Entwickelung des Schädels der Wirbelthiere* (*Vierter Bericht naturwissensch. Seminar zu Königsberg*).

— Gegenbauer, *Ueber primäre und secundäre Knochenbild* , *mit besondere Bezeichn. auf die Lehre von Primordialcranium* (*Jenaischen Zeitschr. für Med. und Naturwiss* , 1866, t. III, p. 54).

— Kölliker, *Die Theorie des Primordialschädels* (*Zeitschr. für Wissensch.*, 5 vol., 1850, t. II, p. 281). — *Elém. d'histologie humaine*, 1869, p. 300.

rencontrant sur la ligne médiane du sinciput, ils s'articulent entre eux par engrenage (1), et restent en général distants jusque dans un âge avancé ; mais, chez beaucoup de Mammifères, ils se soudent assez rapidement l'un à l'autre (2). En arrière, ils s'articulent de la même manière avec la portion montante de l'occipital (3). Leur surface externe est bombée et présente en général une ligne saillante dirigée longitudinalement, qui limite en dessus la fosse temporale et donne insertion à l'aponévrose superficielle du muscle crotaphite (4). Chez l'Homme et les autres Mammifères à mâchoires faibles, elle est placée à peu de distance du bord inférieur du pariétal ; mais chez les Animaux dont les muscles masticateurs ont une grande puissance, elle remonte davantage vers la suture médiane. Chez les Carnassiers, elle s'y réunit souvent à sa congénère et s'élève au-dessus de la boîte crânienne, de façon à constituer une crête verticale située sur la ligne médiane du sinciput et allant se réunir postérieurement avec la crête lamb-

les pièces osseuses s'y constituent. Quelques auteurs ont pensé que ces pièces naissaient à l'extérieur du crâne primordial (*a*) ou dans l'épaisseur d'une membrane fibreuse qui tiendrait lieu de celui-ci (*b*). Les choses ne se passent pas tout à fait de la sorte (*c*), et les recherches les plus récentes sur ce sujet tendent à établir que c'est avant que les couches externe et interne de la paroi crânienne aient revêtu le caractère fibreux, que la couche intermédiaire de substance plastique se transforme directement en os (*d*).

(1) Cette articulation médiane est communément désignée sous le nom de *suture sagittale*.

(2) Par exemple chez beaucoup de Carnassiers, la plupart des Pachydermes et des Ruminants, les Siréniens, quelques Marsupiaux et les Monotrèmes.

(3) Cette articulation est appelée *suture lambdoïde*.

(4) Voyez tome VI, page 53.

(*a*) Jacobson, *Ueber das Primordialcranium* (Müller's *Archiv f. Anat.*, 1844, *Bericht*, p. 1844).

(*b*) Rouget, *Développement et structure du syst. osseux*, 1856, p. 20.

— Robin, *Sur les conditions de l'ostéogénie avec ou sans cartilage préexistant* (*Journal de l'anat. et phys. de l'Homme*, 1864, t. I, p. 593).

(*c*) Kölliker, *Op. cit.*, p. 301.

(*d*) Lecourtois, *Essai sur l'anatomie de la voûte du crâne pendant les périodes embryonnaire, fœtale et infantile*, thèse, Paris, 1870.

doïde de l'occipital (1). Chez le Gorille, ce mode de conformation du sinciput est particulièrement remarquable (2). Enfin, on connaît un exemple de cette ossification de l'aponévrose temporale sur la totalité de la région latérale du crâne, et il en résulte une espèce de voûte osseuse qui, de chaque côté, recouvre la fosse temporale et donne à cette partie de la tête une grande largeur (3).

Temporaux.

Latéralement et au-dessous des pariétaux, le pénultième segment crânien est constitué de chaque côté par un groupe de quatre pièces principales qui d'ordinaire se réunissent entre elles de façon à former de bonne heure un os, en apparence unique, contenant les parties essentielles de l'appareil auditif et désigné sous le nom de *temporal*. Ces pièces primordiales sont : le *squamosal* ou portion écailleuse du temporal, le *mastoïdien*, le *pétrosal* ou rocher, et le *tympanique* ou cadre du tympan. Chez quelques Mammifères, elles conservent leur indépendance chez l'Animal adulte (4), mais d'ordinaire elles s'ankylosent promptement. Le squamosal est une lame mince qui s'élève presque verticalement pour aller s'articuler avec le bord inférieur du pariétal (5), et qui porte à sa partie inférieure une

(1) Voyez tome VI, page 45.

(2) Chez les jeunes individus, la crête pariétale n'existe pas et n'est que peu développée chez les femelles, mais chez les vieux mâles elle est énorme (*a*).

(3) Cette disposition a été constatée chez un Rongeur appelé Lophiomys. J'ajouterai que cette particularité se retrouve chez certains Reptiles, mais n'a été observée chez aucun autre Mammifère (*b*).

(4) Ce caractère d'infériorité, qui est général chez les Reptiles, se rencontre souvent chez le Koala, le Phascolome et plusieurs autres Marsupiaux (*c*).

(5) En général, les temporaux sont employés en majeure partie comme éléments constitutifs des parois crâniennes; mais chez les Baleines ces os se prolongent beaucoup en dehors, et forment de chaque côté de la tête une sorte d'arc-boutant dont l'extrémité externe va s'unir au frontal et au jugal (*d*).

(*a*) Owen, *Osteological Contributions to the Nat. Hist. of the Chimpanzees and Orangs* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VI pl. 28).
(*b*) Alph. Milne Edwards, *Op. cit.* (*Nouv. Arch. du Muséum*, t. III. pl. 7, fig. 2, 3, 4).
(*c*) Owen, *On the Osteology of Marsupialia* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, p. 383, pl. 71, fig. 6).
(*d*) Cuvier, *Ossements fossiles*, pl. 226, fig. 5 et 6.

apophyse dite zygomatique, ainsi qu'une cavité destinée à l'articulation de la mâchoire inférieure et nommée *fosse glénoïde* (1). L'os mastoïdien occupe l'angle postéro-inférieur du groupe temporal ; il s'unit à la partie adjacente du squamosal et s'articule avec l'occipital en arrière et en bas, où il contribue à la formation de la base du crâne ; en général, il présente en arrière une protubérance dirigée en bas et appelée *apophyse mastoïde ;* enfin, du côté interne, il est creusé de cavités irrégulières qui constituent des dépendances de la caisse du tympan ou chambre de l'oreille moyenne. Le pétrosal, ou rocher, est situé du côté interne du mastoïdien et de la partie inférieure du squamosal; il fait saillie dans l'intérieur de la boîte crânienne; il loge l'oreille interne, et en général il se confond si intimement et si promptement avec le mastoïdien, que plusieurs anatomistes pensent qu'il n'en est jamais séparé. Enfin, le tympanique se montre d'abord sous la forme d'un petit anneau incomplet situé à l'angle antéro-inférieur du groupe temporal et donnant insertion à la membrane du tympan, qui, chez le fœtus, est à fleur de tête; en se développant, ce cadre constitue la majeure partie de la caisse ainsi que du canal auditif externe, et d'ordinaire il se soude promptement avec le rocher, puis avec le squamosal et le mastoïdien (2); mais, chez quelques Mam-

(1) La cavité glénoïdale est en général constituée en partie par cette portion excavée de la base du squamosal, et en partie par la portion adjacente du tympanal, dont la première de ces pièces est séparée par la *félure de Glaser*, comme cela a lieu chez l'Homme (*a*). Mais chez quelques espèces, le Poloroo par exemple, le prolongement lamelleux du squamosal qui d'ordinaire limite la fosse glénoïdale, manque, et cette cavité articulaire est complétée postérieurement par le tympanal (*b*).

(2) Chez quelques Marsupiaux, cette soudure ne s'opère que très-tardivement, et même chez l'adulte le canal auriculaire, constitué par le tympanal, se sépare du crâne avec tant de facilité, que souvent il manque dans les têtes osseuses chez ces Animaux, quand la préparation n'en a pas été faite avec beaucoup de soin.

(*a*) Voyez Sappey, *Op. cit.*, t. I, fig. 29.
(*b*) Owen, *Op. cit.* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 71, fig. 6).

mifères, après s'être uni au premier de ces os, il reste séparé de la base du crâne et suspendu seulement sous la voûte formée par celle-ci. Cette particularité se remarque chez les Cétacés.

La cavité tympanique, ou caisse, située dans la profondeur du temporal ainsi constitué, renferme une série de petits osselets qui appartiennent à l'appareil auditif, et ne jouent aucun rôle dans la constitution de la charpente solide de la tête des Mammifères. J'aurai à en parler quand je traiterai du sens de l'ouïe, et il ne me paraît pas nécessaire de m'y arrêter ici, si ce n'est pour en indiquer l'origine, point sur lequel je reviendrai bientôt (1).

Enfin, le temporal présente souvent à sa partie inférieure une longue épine qui est désignée sous le nom d'*apophyse styloïde*, et qui est constituée par une pièce empruntée à l'appareil hyoïdien. Chez l'Homme et quelques autres Mammifères, elle n'est reliée au reste de cet appareil que par un prolongement fibreux ; mais, chez beaucoup d'autres Animaux de la même classe, elle forme le premier article d'une chaîne continue qui embrasse en dessous la partie antérieure de la région cervicale (2).

Sphénoïde. La portion latéro-inférieure et la portion basilaire du segment crânien dont l'étude nous occupe ici, se confondent de bonne heure avec les pièces adjacentes du segment frontal, et constituent ainsi avec elles un os unique de forme très-complexe, qui appartient à ces deux zones céphaliques et qui est désigné sous le nom de *sphénoïde*. Sa partie médiane et basilaire, appelée le *corps du sphénoïde*, ressemble beaucoup au centrum ou corps d'une vertèbre ordinaire ; mais elle est en réalité plus complexe, et elle serait plutôt comparable à deux de ces pièces vertébrales confondues entre elles et appartenant, l'une au segment pariétal, l'autre au segment frontal. En effet, chez le

(1) Voyez la Leçon suivante. — (2) Voyez tome VI, page 80.

fœtus de la Baleine, les deux tronçons de l'axe crânien ainsi constitués sont faciles à distinguer, et le basisphénoïdal antérieur est aussi bien développé que le basisphénoïdal postérieur (1); mais d'ordinaire il n'en est pas de même, et la première de ces pièces reste plus ou moins rudimentaire. Ainsi, chez l'Homme, le basisphénoïdal postérieur est le seul qui, par sa forme et ses dimensions, rappelle le cycléal d'une vertèbre. Chez le fœtus humain, on le voit se constituer au moyen de quatre paires de points d'ossification. Deux paires de ces osselets primordiaux sont rangées sur la ligne transversale à l'arrière du groupe, et, en s'unissant entre elles, forment bientôt une pièce basilaire médiane à laquelle on peut appliquer le nom de *basisphénoïdal postérieur ;* une troisième paire, située plus en avant, constitue un basisphénoïdal antérieur; et le tout, après s'être creusé d'une cavité appelée *sinus sphénoïdal*, se complète par le développement de deux autres pièces qui conservent plus longtemps leur indépendance, et qui ont reçu le nom de *cornets sphénoïdaux* ou *cornets de Bertin*. La pièce basilaire commune ainsi constituée porte, en dessus, deux paires de lames latérales appelées *ailes du sphénoïde*, qui sont comparables à des neurapophyses, et qui appartiennent, l'une au segment moyen, l'autre au segment antérieur du crâne. Celles de la paire postérieure, ou os alisphénoïdaux, atteignent un développement considérable, et on les appelle pour cette raison les *grandes ailes*. Elles s'articulent avec les os pariétaux par leur bord supérieur, et elles rejoignent les temporaux en arrière, de façon à compléter l'anneau crânien dont ces os constituent la portion supérieure. Les petites ailes ou ailes antérieures du sphénoïde, ap-

(1) Eschricht a très-bien représenté ces tronçons de l'axe crânien chez un fœtus de la Baleine (*a*). M. Van Beneden a insisté avec raison sur la ressemblance qui existe entre cet axe et les parties correspondantes de la tête chez les Poissons (*b*).

(*a*) Eschricht, *Untersuch. über die nordischen Waldthiere*, pl. 12 et 13.
(*b*) Van Beneden et Gervais, *Ostéographie des Cétacés*, p. 67, pl. 4, fig. 3.

pelées aussi *apophyses d'Ingrassias*, s'associent à l'ethmoïde et au frontal pour constituer le segment crânien antérieur. Enfin, le corps du sphénoïde donne attache inférieurement à une paire de pièces autogènes appelées *os ptérygoïdiens*, parce qu'en s'unissant à des prolongemenis descendants des os alisphénoïdaux, elles constituent les ailes inférieures désignées depuis longtemps sous le nom d'*apophyses ptérygoïdes* (1). Nous aurons bientôt à nous en occuper de nouveau, car ces parties entrent dans la composition de la charpente osseuse de la face.

Troisième segment crânien.

Dans le segment crânien antérieur, la voûte est formée par les deux os frontaux qui sont très-analogues aux pariétaux, mais se confondent entre eux de meilleure heure sur la ligne médiane, et ne constituent en général, chez l'adulte, qu'une pièce unique à laquelle on donne parfois le nom d'*os coronal*; en arrière, cet os s'articule avec les pariétaux et avec le sphénoïde; mais, en avant du corps de celui-ci, il laisse un espace libre qui est rempli par l'*ethmoïde*.

Chez la plupart des Mammifères de l'ordre des Ruminants, les os frontaux présentent une particularité remarquable : chacun d'eux donne naissance à un prolongement qui constitue la cheville ou axe solide d'une corne, et parfois ces éminences se complètent en se soudant à une pièce osseuse dermique ou épiphyse. Les dimensions de ces organes peuvent devenir très-considérables. Leur mode de conformation varie suivant les espèces (2), et chez les Cerfs, au lieu d'être persistants, comme

(1) Les os ptérygoïdiens forment l'aile interne de ces apophyses ; l'aile externe est une dépendance de l'alisphénoïde.

(2) Les cornes des Ruminants sont toujours essentiellement constituées par du tissu osseux, et sont de trois sortes, suivant qu'elles sont revêtues d'une gaîne cornée, qu'elles restent cachées sous la peau, ou bien encore qu'elles se dénudent, et, dans ce dernier cas, on les désigne sous le nom de *bois*. Les cornes à téguments pilifères n'existent que chez la Girafe. Les cornes à gaîne, ou à étui corné, sont propres aux genres Bœuf, Mouton, Chèvre et Antilope. Elles n'existent pas ou ne sont que rudimentaires au moment de la naissance, mais leur croissance est très-rapide, et, en grandissant,

d'ordinaire, ils tombent périodiquement et se renouvellent (1).

Il est aussi à noter que la partie antéro-inférieure de l'os frontal prend quelquefois un grand développement, et constitue au-dessus de la face une grosse crête transversale fort saillante, disposition qui est très-remarquable chez le Gorille (2).

Voûte crânienne.

Dans le jeune âge, les divers os de la voûte du crâne ne se rencontrent pas dans toute leur étendue, et il existe dans les

elles se creusent de cavités qui restent petites chez les Antilopes, tandis qu'au contraire chez les Bœufs, les Chèvres et les Moutons, les cellules ainsi constituées deviennent énormes et se mettent en communication avec les fosses nasales par l'intermédiaire des sinus frontaux (*a*).

(1) Les bois du Cerf, qu'on a souvent comparés à des exostoses, se développent sous la peau, et consistent d'abord en une protubérance fibro-cartilagineuse très-vasculaire; ils s'ossifient rapidement, et lorsque leur croissance est terminée, leur base (ou *couronne*) se garnit de petites tubérosités (ou *pierrures*) disposées en forme d'anneaux (ou *meules*), qui compriment les vaisseaux sanguins. Le revêtement cutané situé au delà de ce point cesse alors de vivre, se dessèche, et tombe par lambeaux en laissant à nu la corne osseuse. Enfin cette dernière partie meurt à son tour et se détache ; mais, bientôt après la cicatrisation de la petite plaie résultant de cette séparation, un travail ostéogénique comparable à celui dont résulte la régénération de la substance osseuse à la suite d'une fracture, s'établit à l'extrémité de chaque couronne, et détermine la formation d'une nouvelle paire de cornes, qui est presque toujours plus grande et plus complexe que la précédente. Chez le Cerf commun d'Europe, par exemple, les premiers bois ne se composent que d'une paire de tiges simples, appelées *dagues;* celles qui viennent ensuite (pendant la 3e année) portent deux branches appelées *cors* ou *andouillers*, dont le nombre augmente d'année en année et s'élève souvent à 10 ou 12 (*b*). Chez le Renne, le front est armé de la sorte dans les deux sexes; mais, chez les autres espèces du genre Cerf, les bois ne se développent pas chez les femelles ; quelquefois cependant on en aperçoit des vestiges (*c*).

(2) Cette crête sourcilière devient énorme chez les vieux mâles (*d*).

(*a*) Duhamel, *Observ. qui se rapportent à l'accroissem. des cornes* (*Mém. Acad. des sciences*, 1751).
— Sandifort, *Over de vorming en ontwikkeling der Horens* (*Neeuwe Verhandl. Nederlandsche Institut*, 1829, t. II, p. 67).
— Numan, *Bijdrage tot de Kennis der Horens van het Rundwee* (Amsterdam, *Verhandl.* B. XIII, 1848).
— Vrolik, *Over het verschil van der inwendige Gesteldheid der Horenpitten bij Antilopen* (*Mém. de l'Acad. d'Amsterdam*, 1853, t. I, pl. 1 et 2).

(*b*) H. Prévost, *De l'existence des cornes rudimentaires sur la tête des femelles du Cerf* (*Nouv. Arch. du Muséum*, 1869, t. V, p. 271, pl. 16).

(*c*) Pour plus de détails à ce sujet, voyez Buffon, *Hist. nat. des Mammifères : Descript. du Cerf* par Daubenton.

(*d*) Owen, *Op. cit.* (*Trans. Zool. Soc.*, vol. IV, pl. 27 et 28).

points de convergence de plusieurs de ces pièces lamellaires des lacunes occupées seulement par les tuniques fibreuses de cette portion du squelette et constituant les parties désignées sous le nom de *fontanelles* (1) ; mais, par le progrès de l'âge, les parois de cette grande cavité céphalique se complètent, les sutures s'établissent solidement (2), et même d'ordinaire la plupart des os dont je viens de parler finissent par se souder entre eux.

Il est aussi à noter que l'articulation des os crâniens entre eux est disposée de façon à opposer une grande résistance au déplacement de ces pièces sous l'influence d'une pression exercée de dehors en dedans. Ainsi, dans tous les points où cette pression tendrait essentiellement à écarter ces os les uns

(1) Dans l'espèce humaine, vers la fin de la gestation, les principales fontanelles sont au nombre de six, dont deux médianes et deux latérales de chaque côté.

La fontanelle médiane antérieure est comprise entre les angles antéro-supérieurs des os pariétaux et les angles adjacents de deux coronaux. Elle est la plus grande de toutes, et d'ordinaire ne se comble qu'à l'âge de deux ans ou de deux ans et demi.

La fontanelle médiane postérieure est comprise entre les angles postéro-supérieurs des pariétaux et le sommet de la portion montante de l'occipital. Elle disparaît en général dans le cours de la première année.

Les fontanelles latéro-antérieures sont situées dans les fosses temporales, entre l'angle antéro-inférieur du pariétal et la grande aile du sphénoïde; elles sont beaucoup plus petites que la précédente et disparaissent vers la même époque.

Les fontanelles latéro-postérieures correspondent au point vers lequel convergent de chaque côté de la tête le pariétal, le temporal et l'occipital. En général elles disparaissent avant la naissance.

(2) Chez l'Homme, les sutures du crâne sont pour la plupart si imparfaites au moment de la naissance, que les parois de cette boîte osseuse sont très-élastiques et que leurs principales pièces constitutives sont susceptibles de passer les unes sur les autres. L'ordre suivant lequel les sutures se consolident n'est pas toujours le même, et influe sur la forme de la tête. Dans la race caucasique, d'après Gratiolet, elles se développent d'abord à la partie postérieure du crâne, de sorte que la région frontale grandit le plus longtemps; tandis que dans la race nègre elles disparaissent d'avant en arrière (*a*). La soudure complète des os crâniens ne s'effectue en général que dans la vieillesse.

(*a*) Gratiolet, *Sur le développement de la forme du crâne* (*Comp. rend.*, 1856, t. LIII, p. 428.)

des autres, leurs bords sont unis par engrenage ; là où elle tendrait à les enfoncer, ces bords sont taillés en biseaux et chevauchent les uns sur les autres, de façon que la pièce la plus exposée dépasse l'espèce de cadre formé par les pièces circonvoisines ; enfin, dans les points où la pression tendrait à rapprocher les parties latérales ou à écraser les pièces intermédiaires, celles-ci sont unies par des surfaces articulaires très-larges. Le premier de ces modes d'articulation existe entre tous les os de la voûte du crâne ; les temporaux, situés sur les côtés de la tête, et très-exposés dans les cas de chute latérale, présentent la seconde disposition indiquée ci-dessus ; enfin, le corps du sphénoïde, sur lequel se dirigent en dernier résultat la plupart des efforts tendants à rompre la boîte osseuse du crâne, nous offre un exemple du troisième mode d'articulation (1).

Base du crâne.

C'est à la base du crâne que se trouvent les divers orifices destinés à livrer passage aux nerfs cérébraux et aux vaisseaux sanguins de l'encéphale.

Cavité du crâne.

La cavité intérieure du crâne, de forme plus ou moins ellipsoïdale, est très-grande, et sa partie inférieure est incomplétement partagée en trois portions ou fosses, dont la postérieure loge le cervelet, dont la moyenne est limitée en arrière par le rocher et en avant par les petites ailes du sphénoïde et le bord adjacent du frontal, et dont l'antérieure surmonte la face. Chez la plupart des Mammifères, la distinction entre la fosse antérieure et la fosse moyenne est beaucoup moins marquée que chez

(1) C'est surtout dans la tête humaine que ces dispositions mécaniques sont remarquables. Elles ont été étudiées attentivement d'abord par Hunauld, et plus récemment par plusieurs chirurgiens, ainsi que par la plupart des auteurs qui ont publié des ouvrages étendus sur l'anatomie descriptive du corps de l'Homme (*a*). Les modifications déterminées dans la forme du crâne par les progrès de l'âge chez les vieillards ont été récemment l'objet de recherches spéciales (*b*).

(*a*) Hunauld, *Rech. anat. sur les os du crâne* (*Mém. Acad. des sciences*, 1730, p. 553).
— Trélat, *Des conditions de résistance du crâne* (*Bull. de la Soc. anat.*, 1855, p. 125).
— Sappey, *Traité d'anat. descriptive*, 2e édit., t. I, p. 185.
(*b*) Sauvage, *Rech. sur l'état sénile du crâne*, 1870.

l'Homme, et chez celui-ci la portion médiane de cette dernière, appelée *selle turcique* ou *fosse pituitaire*, est plus rétrécie et plus nettement caractérisée par l'effet du développement de ses angles, auxquels on donne le nom d'*apophyses clinoïdes*. Ainsi que nous le verrons par la suite, la cavité crânienne est divisée aussi par de grands replis de la tunique fibreuse appelée *dure-mère*, qui tapisse ses parois, et souvent l'ossification de la voûte crânienne s'étend dans une partie de ces cloisons membraneuses. C'est principalement chez les Carnassiers que ces expansions osseuses se développent avec les progrès de l'âge, et c'est le plus ordinairement dans la cloison nommée *tente du cervelet*, et placée en manière de plafond au-dessus de la loge cérébelleuse, que cette particularité de structure s'observe.

On donne le nom d'*apophyse crista-galli* à une protubérance médiane en forme de crête de coq qui s'élève souvent du plancher de la fosse crânienne antérieure, et qui correspond à l'extrémité du repli longitudinal de la dure-mère appelé *faux du cerveau*.

Face. § 2. — Les os de la *face*, associés à ceux de la portion antérieure de la base du crâne, sont disposés de façon à cloisonner plus ou moins complétement cinq fosses profondes, ouvertes par devant ou sur les côtés et placées à trois étages, savoir : à l'étage supérieur, les deux fosses orbitaires ; à l'étage moyen, les deux fosses nasales, et à l'étage inférieur la grande cavité buccale. Nous avons vu précédemment que ces parties solides naissent dans l'épaisseur d'un prolongement frontal du tubercule céphalique primordial, et dans les arcs faciaux ou arcs cervicaux de la première paire qui procèdent de la région auriculaire de la base du crâne, et, après s'être divisées chacune en deux branches, se réunissent par leur extrémité antérieure sur la ligne médiane de la tête, au-dessus et au-dessous de la fosse buccale, de façon à y constituer les

deux mâchoires, ainsi que leurs dépendances (1). Toutes ces cavités communiquent entre elles : les orbites avec les fosses nasales, par l'intermédiaire des canaux lacrymaux, et les fosses nasales avec la bouche, au moyen des arrière-narines. Enfin, toutes les pièces osseuses qui constituent cette charpente complexe, à l'exception de celles dont se compose la mâchoire inférieure, sont articulées entre elles et avec la base du crâne, de façon à jouir d'une immobilité complète et d'une solidité très-grande.

Mâchoire supérieure.

§ 3.—Ainsi que nous l'avons vu déjà dans une précédente Leçon (2), la *mâchoire supérieure* est formée principalement par deux paires d'os qui presque toujours se réunissent entre eux sur la ligne médiane et séparent les fosses nasales de la cavité buccale (3). Les plus importants sont les os maxillaires, qui, en avant, sont pourvus chacun d'une branche montante dont l'extrémité supérieure s'articule avec le bord facial de l'os frontal. L'espace compris entre ces deux branches montantes est occupé supérieurement par les os nasaux, petites pièces plates qui s'articulent également avec le frontal par leur bord supérieur. Inférieurement, le même intervalle est en général rempli par les deux os intermaxillaires ou os incisifs, qui complètent en avant l'arcade représentée par la mâchoire supérieure (4) ; mais la portion moyenne de cette région reste ou-

(1) Voyez tome VI, page 24 et suiv.

(2) Voyez tome VI, page 47.

(3) Les Baleines et quelques autres Cétacés font exception à cette règle. Chez ces Mammifères pisciformes, les os maxillaires ne se rencontrent pas sur la ligne médiane, et la voûte du palais se trouve complétée par le bord inférieur du vomer (*a*).

(4) Chez quelques Mammifères, les os intermaxillaires ne se rencontrent pas entre eux, et il existe sur le devant de la mâchoire supérieure un hiatus (ou bec de lièvre) plus ou moins large. Cette disposition se voit chez beaucoup de Cétacés (*b*), et elle est encore plus prononcée chez certaines Chauves-Souris (*c*) et chez l'Ornithorhynque (*d*).

(*a*) Cuvier, *Ossements fossiles*, t. V, pl. 26, fig. 3, etc.

(*b*) Idem, *Op. cit.*, t. V, pl. 26, fig. 2, 6, etc.

(*c*) Exemple : le *Vespertilio noctula* ; voy. Blainville, *Ostéogr.*, t. I, CHÉIROPTÈRES, pl. 8.

(*d*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 14, fig. 2.

verte et constitue l'entrée des fosses nasales. Chez la plupart des Mammifères, ces os conservent toujours leur indépendance, et souvent leur angle latéro-supérieur se prolonge vers la partie correspondante de l'os nasal, de façon à compléter sur les côtés aussi bien qu'en dessous le cadre nasal. Chez l'Homme, au contraire, les os intermaxillaires se confondent de très-bonne heure avec les maxillaires, et ne forment avec eux, de chaque côté, qu'une seule pièce à laquelle ce dernier nom est appliqué (1).

(1) Galien, en parlant de la composition de la face, fit mention de cette pièce (*a*), et, à l'époque de la renaissance, les anatomistes ont beaucoup discuté sur l'interprétation de ce passage de ses écrits sur l'Homme. La plupart des auteurs, à l'exemple de Vesale, soutenaient que les os incisifs ou intermaxillaires manquent chez celui-ci, et appartiennent exclusivement aux Quadrupèdes.

Vicq d'Azyr et Gœthe furent les premiers à bien montrer que sous ce rapport il y a en réalité similitude chez tous les Mammifères; mais que, chez l'Homme, l'os intermaxillaire s'unit intimement au maxillaire, au lieu d'en rester distinct, comme d'ordinaire. Plus récemment, la question a été traitée de nouveau par plusieurs auteurs (*b*).

Chez l'embryon, le groupe des pièces maxillaires, qui naissent par autant de points d'ossification spéciaux, ne se compose pas seulement des parties dont il vient d'être question. L'os maxillaire proprement dit se développe par quatre points, savoir : 1° un point externe ou malaire, qui constitue toute la portion placée en dehors de la gouttière sous-orbitaire ; 2° un point supérieur ou orbito-nasal, dont naît une lame qui concourt à cloisonner le sinus maxillaire et constitue la partie interne du plancher de l'orbite ; 3° un point inférieur au palatin, qui donne naissance à une portion de la voûte palatine et à la partie interne du bord alvéolaire ;

(*a*) Galien, *Usage des parties*, liv. XI, chap. 15 (*Œuvres*, trad. de Daremberg, t. I, p. 705).

(*b*) Nesbitt, *The Human Osteology*, 1736, p. 195.

— Vicq d'Azyr, *Observations anatomiques* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1780, p. 489, pl. 7).

— Gœthe, *Acta Acad. nat. curios.*, 1786, t. XV, 1re partie; — *Œuvres d'hist. nat.*, trad. par Martins, p. 79 et 87.

— Weber, *Froriep's Notizen*, 1828, t. XIX, p. 281.

— E. Rousseau, *De la non-existence de l'intermaxillaire chez l'Homme.* — *Sur la question de l'existence de l'os intermaxillaire chez l'Homme.*

— Gratiolet, *Sur l'existence et la composition de l'os intermaxillaire dans l'Homme* (*Ann. franç. et étr. d'anat.*, 1839, t. III, p. 306).

— Pigné, *Rapport, etc.* (*Bull. de la Soc. anat. de Paris*, 1839, t. XIV, p. 145).

— Leuckart, *Untersuch. über das Zwischenkieferbein des Menschen*. Stuttgart, 1840.

— Leydig, *Observ. on the Existence of the Intermaxillary Bone in the Embryo of the Human Subject*, 1849.

— Eudes Deslongchamp, *Note sur une suture insolite et sur l'os intermaxillaire chez l'Homme*, (*Bull. de la Soc. Linnéenne de Normandie*, 1866, t. X.

— Hamy, *L'os intermaxillaire de l'Homme à l'état normal et à l'état pathologique*, thèse. Paris, 1868.

— Broca, *L'ordre des Primates : parallèle anat. de l'Homme et des Singes*, 1870, p. 108.

En arrière, les os maxillaires s'articulent très-solidement avec les os palatins, qui s'unissent aussi entre eux sur la ligne médiane pour compléter la voûte buccale (1), et s'articulent d'autre part avec les branches descendantes du sphénoïde. Enfin, la partie postéro-externe des maxillaires s'articule non moins intimement avec l'os jugal ou malaire, et presque toujours celui-ci donne naissance à une branche postérieure qui s'unit à l'apophyse zygomatique du temporal et forme avec elle l'arcade zygomatique, au moyen de laquelle la mâchoire s'appuie sur la région auriculaire du crâne, et la base de la fosse temporale se trouve limitée du côté externe. Cette arcade zygomatique manque plus ou moins complétement chez quelques Insectivores, tels que les Tenrecs et les Musaraignes (2), ainsi que chez les Fourmiliers et les Pangolins, parmi les Édentés (3). Elle est au contraire extrêmement robuste et saillante chez les Carnassiers. Chez le *Lophiomys*, son bord supérieur et la portion adjacente des os maxillaires se confondent avec la voûte osseuse, qui recouvre presque toute la région tem-

4° un point antéro-interne ou nasal, qui est la branche montante de l'os (*a*).

Il est aussi à noter que ces os ne sont pas précédés d'un cartilage et se développent comme ceux de la voûte du crâne.

(1) Chez beaucoup de Marsupiaux, la portion palatine de la voûte buccale présente des hiatus plus ou moins considérables, qui résultent en général de l'ossification incomplète de l'os palatin dans le voisinage de son articulation avec la lame palatine du maxillaire. Ces pertuis sont particulièrement remarquables chez les Thylacines (*b*), les Péramèles (*c*) et les Potoroos (*d*).

(2) Chez ces Animaux, elle est représentée par deux saillies osseuses plus ou moins longues, situées, l'une en avant, l'autre en arrière de la région temporale (*e*). Elle est extrêmement grêle chez les Dauphins (*f*).

(3) Chez le Pangolin et chez le Fourmilier, l'os malaire ne manque pas, mais il est rudimentaire (*g*).

(*a*) Sappey, *Traité d'anat. descript.*, t. I, p. 190, fig. 43, 44, 45.
(*b*) Owen, *On the Osteology of Marsupialia* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 70, fig. 1).
(*c*) Idem, *loc. cit.*, pl. 71, fig. 1.
(*d*) Idem, *loc. cit.*, pl. 71, fig. 4.
(*e*) Voyez Blainville, *Ostéographie* : INSECTIVORES, pl. 5 et 6.
(*f*) Cuvier, *Ossements fossiles*, t. V, pl. 21, fig. 2, 6, etc.
(*g*) Idem, *Op. cit.*, t. V, pl. 8, fig. 4.

porale. Enfin, chez les Paresseux, elle donne naissance à une grosse branche descendante qui encaisse latéralement la mâchoire inférieure, et qui présente chez quelques Édentés fossiles des dimensions énormes (1). Les arcades zygomatiques présentent aussi un singulier élargissement chez les Rongeurs du genre Paca ou *Cœlogenys* (2).

Fosses orbitaires.

§ 4. — Les *fosses orbitaires*, dirigées en avant chez l'Homme et les Singes, latéralement chez la plupart des autres Mammifères, sont de grandes cavités dont la voûte est formée par la portion inférieure du frontal, le plancher par l'os maxillaire, et le fond par le sphénoïde, qui, dans ce point, est percé d'un grand trou pour le passage du nerf optique. Chez l'Homme et les Singes, leur paroi interne est constituée en grande partie par l'ethmoïde (3). Mais chez la plupart des Mammifères cet os ne s'y montre pas, et un prolongement du frontal va s'articuler directement au bord interne et supérieur du maxillaire, qui s'élève beaucoup. D'ordinaire aussi les ailes orbitaires du sphénoïde se développent de façon à occuper une portion considérable de cette paroi, et quelquefois ces deux os, au lieu de s'écarter entre eux, s'appliquent l'un contre l'autre sur la ligne médiane, de façon à former une cloison interorbitaire très-mince, qui peut même rester en partie membraneuse, ainsi que cela se voit chez les Saïmiris, parmi les Singes, et chez les Chevrotains, dans

(1) Notamment chez le Mylodon (*a*), le Megatherium (*b*) et le Glyptodon (*c*).

(2) Ces arcades forment de chaque côté de la face une sorte de bouclier bombé et rugueux (*d*).

(3) Chez l'Homme, la portion latérale ou lame papyracée de l'ethmoïde occupe plus de la moitié de la face interne de l'orbite, et l'os frontal y descend à peine (*e*). Il en est à peu près de même chez les Singes ; mais chez la plupart des autres Mammifères les frontaux descendent entre le sphénoïde et l'ethmoïde.

(*a*) Owen, *Descript. of the Skeleton of an extinct Gigantic Sloth*, pl. 2.
(*b*) Nodot, *Descript. d'un nouveau genre d'Édenté fossile*, pl. 1. — Burmeister, *Op. cit.*, pl. 2 et 3.
(*c*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 16, fig. 2.
(*d*) Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. *Cavia*, pl. 4.
(*e*) Voyez Sappey, *Op. cit.*, fig. 64.

l'ordre des Ruminants. Dans le voisinage du nez, la paroi interne de l'orbite est d'ordinaire complétée par une petite pièce osseuse appelée *os unguis* ou *os lacrymal*, et loge l'entrée du canal lacrymal, conduit qui débouche inférieurement dans les fosses nasales. Chez quelques Mammifères, l'os unguis acquiert un très-grand développement, chez la Girafe et les Cerfs par exemple, tandis qu'il manque chez d'autres espèces(1).

Du côté externe (ou postérieur, suivant la direction de ces fosses), le cadre de l'orbite est souvent complété par la rencontre de deux apophyses dont l'une est formée par l'angle externe du frontal, l'autre par une branche montante de l'os malaire ou un prolongement analogue du bord supérieur de l'arcade zygomatique. Chez les Mammifères les plus élevés en organisation, la cavité orbitaire est même presque entièrement cloisonnée de ce côté et séparée de la fosse sphéno-temporale par des prolongements des os adjacents, qui ne laissent entre eux qu'une lacune étroite appelée *fente sphéno-maxillaire ;* mais, à mesure qu'on descend vers les Mammifères inférieurs, on voit cette lacune grandir progressivement et l'orbite communiquer de plus en plus largement avec la fosse sphéno-temporale ; chez beaucoup de ces Animaux, le cadre orbitaire devient incomplet dans ce point, et la séparation entre les deux fosses est à peine indiquée (2). Il est aussi à noter que le plancher de

(1) L'os lacrymal manque chez les Phoques et la plupart des Cétacés (*a*).

(2) Notamment chez les Chéiroptères (*b*), la plupart des Insectivores (*c*), les Carnassiers (*d*), les Rongeurs (*e*), les Édentés (*f*), divers Pachydermes (*g*), etc. Mais il y a beaucoup d'exceptions à cette règle : ainsi le cadre orbitaire est fermé en arrière chez le Cheval (*h*), l'Hippopotame (*i*), les Ruminants, etc.

(*a*) Hyrll, *Ueber das Ossiculum canalis naso-lacrymalis* (*Sitzungsber. der Wien Akad.*, 1849, t. III, p. 222).

(*b*) Ex. : les Vespertilions ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. I, CHÉIROPTÈRES, pl. 8.

(*c*) Ex. : le Hérisson ; voy. Blainville, *Op. cit.*, INSECTIVORES, pl. 6.

(*d*) Ex. : le Chien ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. II, pl. 4.

(*e*) Ex. : le Castor ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. IV.

(*f*) Ex. : les Tatous ; voy. Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 11.

(*g*) Ex. : le Rhinocéros ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. III ; — les Tapirs (*loc. cit.*).

(*h*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. III, EQUUS, pl. 2.

(*i*) Idem, *Op. cit.*, t. IV, HIPPOPOTAMES, pl. 2.

ces fosses devient souvent très-incomplet, par suite du rétrécissement de la partie orbitaire de l'os maxillaire, et que celle-ci est traversée d'arrière en avant par un canal dont l'orifice antérieur, appelé *trou sous-orbitaire*, est parfois très-grand (1).

Fosses nasales. § 5. — Les *fosses nasales*, situées dans la région moyenne de la face, entre la bouche et les orbites, sont séparées entre elles sur la ligne médiane par une grande cloison verticale dont la partie inférieure est constituée par l'os vomer et la partie supérieure par une lame descendante de l'ethmoïde. Elles s'ouvrent au-dessous par une paire d'orifices correspondants aux narines, et situés en général à peu de distance du bord alvéolaire de la mâchoire supérieure ; mais chez les Mammifères pisciformes, leur embouchure est refoulée très-loin en arrière, à la face supérieure de la tête, et cette particularité de structure entraîne des modifications nombreuses et considérables dans la conformation de presque toutes les parties de la charpente osseuse de la face. Pour le moment, je laisserai donc de côté les Cétacés, et je ne parlerai que des Mammifères ordinaires.

Le plancher des fosses nasales est formé par la face supérieure de la voûte du palais. Leur portion supérieure est constituée principalement par les os nasaux en avant, par l'ethmoïde au milieu, et par le sphénoïde en arrière ; enfin, du côté externe, elles sont limitées par les os intermaxillaires, les os maxillaires et les apophyses ptérygoïdes. C'est entre ces dernières branches descendantes du sphénoïde que sont situées les arrière-narines, ouvertures dont j'ai déjà eu l'occasion de parler en décrivant la conformation du pharynx (2). Dans une

(1) Chez divers Rongeurs, ce trou acquiert de très-grandes dimensions (a) et donne alors passage à l'un des faisceaux du muscle masséter, aussi bien qu'au nerf maxillaire supérieur.

(2) Voyez tome VI, page 48.

(a) Exemple : le Myopotame ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. IV.

autre Leçon, je reviendrai sur la disposition des lames saillantes qui garnissent la paroi externe des fosses nasales, et qui sont désignées sous le nom de *cornets du nez* (1), et ici je me bornerai à ajouter que les cavités dont je viens de parler communiquent avec plusieurs cavernes pratiquées dans l'épaisseur des os circonvoisins et désignées sous le nom commun de *sinus*. Une de ces chambres accessoires occupe l'intérieur de chacun des os maxillaires (2), et d'autres remontent plus ou moins loin dans la région frontale. Ces dernières acquièrent souvent un développement énorme, et, en repoussant en avant la table externe des os du front influent beaucoup sur la forme extérieure de la tête. Dans l'espèce humaine, les sinus frontaux ne commencent à se constituer qu'à l'âge de sept ou huit ans et ne s'élèvent que peu. Chez l'Éléphant, au contraire, ils deviennent extrêmement vastes et s'étendent fort loin sur le sinciput (3). Chez les Bœufs, les Moutons, les Chèvres, ces cellules occupent l'intérieur de la cheville osseuse des cornes, ainsi que la presque totalité de la paroi frontale du crâne, et chez la Girafe elles se prolongent jusqu'à l'occiput (4). Les fosses nasales communiquent aussi avec des sinus creusés dans le corps du sphénoïde (5), et

(1) Voyez la Leçon relative à l'appareil de l'olfaction.

(2) Les sinus maxillaires sont des dépendances de l'appareil olfactif, dont il sera question ultérieurement.

(3) C'est principalement de l'existence d'un grand système de cellules dépendantes des sinus frontaux que résultent l'élévation de la tête et la proéminence de la région frontale de l'Éléphant, dont la cavité crânienne est de grandeur médiocre (a).

(4) L'épaisseur de l'amas de cellules frontales est très-grande sur tout le dessus de la tête de la Girafe (b). Les sinus frontaux prennent aussi un très-grand développement chez les Rhinocéros (c).

(5) Chez l'Homme, les sinus sphénoïdaux commencent à se former vers la fin de la première année, et sont dus d'abord au développement des cornets de Bertin ; puis une portion de la paroi constituée par cette lame osseuse se détruit, et ils s'agrandissent par suite de la résorption du

(a) Cuvier, *Ossem. foss.*, pl. 10, fig. 5.

(b) Owen, *On the Anat. of the Nubian Giraffa* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 40).

(c) Milne Edwards, *Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1868, t. X, pl. 13.

il y a quelquefois des cellules du même ordre dans l'épaisseur des os palatins (1).

Chez les divers Mammifères dont je viens de parler, la direction générale des fosses nasales est à peu près horizontale et parallèle à celle de la cavité buccale ; mais chez les Cétacés elles remontent presque verticalement de la région basilaire du crâne à la face supérieure de la tête, où se trouvent les évents ou narines extérieures de ces Animaux, et cette disposition est accompagnée de plusieurs particularités importantes dans la conformation des parties circonvoisines. Ainsi, les os intermaxillaires et les os maxillaires sont énormément allongés, et ces derniers remontent en arrière jusque dans le voisinage du bord supérieur de l'occipital, en chevauchant sur les pariétaux et sur les frontaux, qui sont fort réduits ou rejetés sur les côtés ; les orbites, très-incomplètes, sont rejetées à la partie inférieure des régions latérales de la tête ; enfin, les palatins ne sont guère représentés que par leur portion horizontale. Chez la Baleine, ce mode de transformation coïncide avec un très-grand aplatissement des frontaux, qui sont réduits presque à leur portion sus-orbitaires, et chez les Cachalots il est accompagné d'une disposition encore plus singulière. En effet, les narines se trouvent au fond d'un vaste bassin qui occupe toute la face supérieure de la tête, et qui est limité en arrière, ainsi que sur les côtés, par une muraille très-élevée, formée en partie

tissu spongieux adjacent, de façon à occuper presque en totalité le corps du sphénoïde (a).

Chez quelques Mammifères, ces cellules sous-crâniennes s'étendent jusque dans l'os basioccipital (b).

(1) Chez l'Homme, ces sinus occupent la portion orbitaire des os palatins (c), mais ils n'ont que peu d'importance. Ils sont au contraire très-développés chez les Singes anthropomorphes (d).

(a) Voyez Sappey, *Op. cit.*, t. I, fig. 10, 20, etc.

(b) Par exemple chez le Rhinocéros ; voy. Milne Edwards, *Sur le Stéréocère* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, t. X, pl. 13).

(c) Voyez Sappey, *Op. cit.*, t. I, fig. 53.

(d) Owen, *Osteological Contributions* (*Trans. Zool. Soc.*, t. IV, pl. 28 et 29).

par les bords montants des os maxillaires et par la crête occipitale, à laquelle ces expansions vont s'unir (1). D'autres particularités moins remarquables, mais cependant dignes d'attention, nous sont offertes par la charpente osseuse de la face du Sanglier et de l'Unau. Chez ce dernier Animal, un os surnuméraire se développe entre les nasaux (2), et, chez le premier, le groin est renforcé par un os mobile développé dans le cartilage nasal (3).

§ 6. — La mâchoire inférieure, comme je l'ai déjà dit, s'articule toujours directement à la base du crâne, et elle présente à cet effet, de chaque côté, un condyle saillant et arrondi qui va se loger dans la cavité glénoïdale du temporal (4). Cette éminence varie de forme suivant les genres de mouvements que la mâchoire doit exécuter (5) ; mais elle n'est jamais concave, ainsi qu'elle l'est toujours chez les Vertébrés ovipares. Chez quelques Mammifères (6), elle occupe l'extrémité postérieure de l'os et ne dépasse pas le niveau du bord supérieur de la Mâchoire inférieure.

(1) Chez les Cachalots, l'occipital s'élève presque verticalement à la face postérieure de la tête, et y forme une sorte de grand parapet courbé, contre lequel vient s'appliquer de chaque côté une expansion de la branche montante de l'os maxillaire, dont la largeur est très-considérable et dont le bord externe se relève beaucoup (*a*).

(2) Cet os internasal a été décrit par Meckel et par Cuvier (*b*).

(3) J'aurai l'occasion de parler avec plus de détail de l'os du boutoir (*c*), lorsque je traiterai de l'appareil olfactif.

(4) Chez les Baleines (*d*), la cavité glénoïdale est située à l'extrémité d'un prolongement de la base du crâne formé par le temporal et affectant la disposition d'un arc-boutant, qui rappelle un peu le mode de conformation de l'os tympanique auquel la mandibule des Oiseaux et des Reptiles est suspendue. Mais cette pièce, tout en devenant très-proéminente, n'en est pas moins une des parties constitutives des parois de la cavité crânienne.

(5) Voyez tome VI, page 51.

(6) Par exemple chez le Cachalot (*e*).

(*a*) Cuvier, *Ossements fossiles*, pl. 225, fig. 2-4.
(*b*) Idem, *Anat. comp.*, t. II, p. 420.
(*c*) Idem, *ibid.*, p. 703.
— Chauveau, *Anat. des Anim. domest.*, p. 408.
(*d*) Cuvier, *Ossem. foss.*, pl. 226, fig. 5, 7, 9, 11, etc.
(*e*) Idem, *Op. cit.*, pl. 225, fig. 10.

branche horizontale de celui-ci; mais, en général, elle s'élève davantage et se trouve supportée par une portion ascendante ou branche montante de la mâchoire dont elle est séparée par un étranglement ou col. Le bord postérieur de cette branche forme en général, avec le bord inférieur du corps ou portion dentifère de l'os, un angle plus ou moins marqué (1), qui parfois se prolonge postérieurement en forme d'apophyse (2). En général aussi, le bord supérieur de la mâchoire porte à peu de distance en avant du condyle une éminence lamelleuse qui est appelée *apophyse coronoïde*, et donne attache au muscle temporal; sa hauteur est quelquefois très-considérable et est en rapport avec le degré de puissance que les muscles masticateurs doivent déployer. Enfin, le corps ou portion alvéolaire de la mâchoire, qui porte les dents à son bord supérieur, varie beaucoup en longueur et en force. Par son extrémité antérieure, il se joint à son congénère. Chez les jeunes Animaux il n'y est que faiblement uni, et chez beaucoup de Mammifères il ne s'y soude pas; mais chez d'autres il se confond avec lui d'une manière si intime, qu'à l'âge adulte le tout ne constitue qu'un os unique.

Chez l'embryon, la mâchoire inférieure est d'abord représentée par une pièce cartilagineuse étroite qui s'étend d'une région auriculaire à l'autre, et qui a été désignée sous le nom de *cartilage de Meckel* ou d'*os maxillaire inférieur temporaire*. Elle est logée dans l'épaisseur de la branche inférieure de l'arc facial, et c'est le long de son bord externe que s'organise l'os maxillaire proprement dit; mais elle n'entre pas dans

(1) Chez l'Homme, l'angle de la mâchoire est très-marqué, quoique obtus; mais la différence de direction entre le corps de l'os et sa branche montante ne se prononce que peu à peu chez l'embryon, et n'est encore que très-faible au moment de la naissance.

(2) Ce mode de conformation existe chez beaucoup de Rongeurs (a).

(a) Exemple : le *Capromys*; voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV.

la composition de celle-ci, et son existence dans cette partie de la face n'est que transitoire. Sa portion basilaire ou céphalique, appliquée contre le cadre du tympan, donne naissance à la portion externe de la chaîne des osselets de l'ouïe, savoir : au marteau et à l'enclume, circonstance dont nous aurons à tenir compte lorsqu'en étudiant la tête osseuse des Poissons, nous chercherons à déterminer les homologues des pièces operculaires de ces Animaux (1).

§ 7. — La ceinture hyoïdienne, qui fait suite à la mâchoire inférieure et cloisonne d'une manière analogue la portion pharyngienne du tube alimentaire, se constitue aux dépens de deux paires d'arcs cervicaux placés immédiatement derrière les arcs faciaux. Ainsi que nous l'avons déjà vu en étudiant la structure de la cavité buccale des Mammifères (2), cette portion du squelette se compose d'une pièce médiane et inférieure (3) appelée *os basihyal* ou *corps de l'hyoïde*, et de deux paires de branches montantes ou cornes hyoïdiennes, qui partent de la portion Hyoïde.

(1) Ce cartilage, dont la découverte est due à Meckel et dont le rôle organogénique a été étudié par plusieurs autres embryologistes (*a*), se montre chez l'embryon humain vers le deuxième mois, et disparait vers le sixième mois de la vie intra-utérine. Sa présence a été constatée chez les Oiseaux aussi bien que chez les Mammifères. Il affecte la forme d'un petit arc cylindrique dont les extrémités, appliquées contre le cadre du tympan des deux côtés de la tête, se renflent bientôt et se partagent ensuite en deux portions qui donnent naissance aux osselets auditifs sus-mentionnés. Sa portion moyenne sert de tuteur à la mâchoire inférieure, qui se constitue aux dépens d'une bande de substance blastémique déposée le long de sa face externe et qui bientôt l'encaisse. Bientôt après, cette portion du cartilage de Meckel s'atrophie.

(2) Inférieure quand le corps de l'Animal est placé comme d'ordinaire dans une position horizontale, mais antérieure lorsqu'il est placé verticalement, comme chez l'Homme.

(3) Voyez tome VI, page 80.

(*a*) Meckel, *Manuel d'anat. descript.*, t. III, p. 199.
— Reichert, *Ueber den Visceralbogen der Wirbelthiere* (Muller's *Arch. für Anat.*, 1837, p. 178, pl. 17, fig. 16, pl. 9, fig. 4, etc.).
— Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, p. 402.
— Magitot, *Note sur un organe transitoire de la vie intra-utérine désigné sous le nom de cartilage de Meckel* (*Comptes rendus des séances de la Soc. de biologie*, 1862, p. 1).

médiane, dont je viens de parler, et se dirigent vers la région auriculaire de la base du crâne. Lorsque ces dernières se développent d'une manière complète, ainsi que cela a lieu chez le Cheval, les cornes antérieures se composent chacune de trois pièces placées bout à bout, et forment une sorte de chaîne suspenseur dont l'extrémité inférieure s'attache au basihyal et dont l'extrémité supérieure se fixe au rocher, où elle constitue l'apophyse styloïde dont il a été question précédemment (1). Mais, chez beaucoup d'autres Mammifères, la portion moyenne de cette chaîne ne s'ossifie pas, et la pièce inférieure reste à l'état rudimentaire, tandis que la pièce supérieure se développe bien et se soude à la face inférieure du rocher (2). Le basihyal, ou corps de l'os hyoïde, n'est alors suspendu à la base du crâne que par des ligaments ou d'autres parties molles, et l'os styloïde, qui se trouve séparé du reste de l'appareil hyoïdien, ne semble être qu'une dépendance des parois de la boîte crânienne ; une disjonction analogue se produit toujours chez l'embryon entre la portion styloïdienne du cartilage primordial, dont naît cette ceinture, et sa portion terminale supérieure. En effet, celle-ci s'enfonce dans la cavité tympanique du rocher et y donne naissance à l'étrier, tandis que la seconde moitié de la portion crânienne de ce même arc cervical devient l'os styloïde. Les cornes postérieures (ou inférieures) de l'hyoïde s'unissent de la même manière au basihyal et se développent dans l'épaisseur de l'extrémité inférieure des arcs cervicaux de la paire suivante, mais ne remontent jamais jusqu'à la base du crâne et ne présentent rien qui puisse être considéré comme un représentant de la portion styloïdienne des cornes antérieures. L'os lingual, que nous avons vu se développer quelquefois sur la ligne médiane, au de-

(1) Voyez, page 318.

(2) Par exemple chez l'Homme, où les branches antérieures ne sont représentées de chaque côté que par l'apophyse styloïde du temporal, par le ligament suspenseur qui y fait suite, et par le tubercule osseux appelé *petite corne de l'hyoïde*.

vant du corps de l'os hyoïde (1), et le cartilage thyroïde, qui fait suite à ce dernier, semblent être des répétitions, ou homologues du basihyal, et je ne vois aucune raison satisfaisante pour ne pas considérer tous les arcs cartilagineux ou osseux de l'appareil trachéen comme appartenant aussi au système hyoïdien ; cela serait incompatible avec l'hypothèse de la constitution vertébrale de la portion maxillo-hyoïdienne du squelette, mais me semble plus en accord avec la réalité. Du reste, je crois devoir ne pas m'arrêter davantage, en ce moment, sur l'étude de cette partie du squelette, parce qu'elle ne joue qu'un rôle peu important dans la constitution générale de la charpente osseuse des Mammifères, et que j'aurai à y revenir quand je traiterai des organes de la voix (2).

§ 8. — La colonne vertébrale de ces Animaux se divise toujours en cinq régions bien distinctes, savoir : la portion *cervicale*, la portion *dorsale*, la portion *lombaire*, la portion *sacrée* ou *pelvienne*, et la portion *coccygienne* ou *caudale*. La région dorsale est caractérisée par l'existence de côtes proprement dites articulées à chaque vertèbre ; la région sacrée, par la jonction des vertèbres entre elles et avec les os des hanches ; les trois autres régions sont limitées par les deux portions dont je viens de parler ou comprises entre elles et les deux extrémités de la tige rachidienne. Mais lorsque le bassin est rudimentaire et ne s'articule pas directement à la colonne rachidienne, la distinction entre les vertèbres lombaires, sacrées et caudales est difficile à préciser.

Colonne vertébrale.

La portion cervicale du rachis varie beaucoup en longueur. Chez les Mammifères pisciformes, elle est d'une brièveté extrême, tandis que chez les Quadrupèdes, dont la tête est petite et le

(1) Voyez tome VI, page 81.

(2) Pour plus de détails sur l'appareil hyoïdien des Mammifères, je renverrai aux auteurs cités précédemment (t. VI, p. 81), et aux traités spéciaux d'anatomie comparée. J'aurai à revenir sur ce sujet, lorsque je parlerai des organes de la voix.

corps haut sur pattes, elle est très-longue (1); mais ces différences dépendent seulement de l'épaisseur plus ou moins considérable des vertèbres et non du nombre de ces os, qui est presque toujours de sept. Les seules exceptions à cette règle nous sont fournies par l'Aï, chez lequel il y a neuf vertèbres cervicales (2), et par les Lamentins et le Paresseux de Hoffmann, qui n'en ont que six (3); mais chez la plupart des Cétacés, tous

(1) La longueur du cou est ordinairement en raison inverse de la pesanteur de la tête; et lorsque, chez les Quadrupèdes terrestres, il n'existe aucun organe spécial pour la préhension des aliments, tel que la trompe de l'Éléphant, il y a toujours une certaine harmonie entre la longueur du cou et la longueur des pattes antérieures. En effet, c'est généralement avec la bouche que ces Animaux saisissent à terre leurs aliments; par conséquent s'ils sont haut sur jambes, il leur faut un long cou, et si le bras de levier constitué par cette portion de la colonne vertébrale est long, la tête doit être petite, car, dans le cas contraire, il faudrait pour la relever une puissance musculaire énorme. Ainsi chez la Girafe, le Lama et le Chameau, qui sont hauts sur pieds et qui ont une petite tête, le cou est très-long; tandis que chez l'Éléphant, dont la tête est très-grosse, et par conséquent fort lourde, le cou est remarquablement court.

Chez les Mammifères pisciformes, cette harmonie organique entre le développement de la tête et la brièveté du cou est moins nécessaire, mais elle existe : ainsi, chez la Baleine franche, dont l'énorme tête constitue près des deux cinquièmes de la longueur totale de l'Animal, la région cervicale de la colonne vertébrale est d'une brièveté extrême.

(2) Cette exception, observée par Cuvier (*a*), n'est pas aussi nettement caractérisée qu'on l'avait d'abord pensé, car la huitième et la neuvième vertèbre portent chacune une paire de côtes rudimentaires, et sont considérées par quelques auteurs comme étant des vertèbres dorsales à branches costales, trop courtes pour atteindre l'appareil sternal (*b*).

(3) L'existence de six vertèbres cervicales seulement chez le Lamentin a été signalée par Daubenton et confirmée par Cuvier (*c*). Chez une espèce de Paresseux didactyle, le *Cholæpu Hoffmannii*, il n'y a aussi que six vertèbres cervicales (*d*); mais chez l'Unau didactyle, qui appartient au même genre, il y en a comme d'ordinaire sept.

(*a*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, p. 81, pl. 4.

(*b*) Th. Bell, *Observ. on the Nelk of the three-toed Sloth*, Bradypus tridactylus (*Trans. of the Zool. Soc.*, t. I, p. 113, pl. 17, fig. 1).

— Blainville, *Sur les vertèbres cervicales de l'Aï* (*Ann. franç. et étrang. d'anat.*, 1839, t. III, p. 268).

(*c*) Daubenton, *Descrip. d'un Lamentin* (Buffon, *Mammif.*, édit. in-8°, t. XII, p. 372).

— Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, p. 252.

(*d*) Peters, *Ueber das normale Vorkommen von nur sechs Halswirbeln bei* Cholæpus Hoffmanni (*Monatsber. der Akad. der Wissensch. zu Berlin*, 1864, p. 678).

ou presque tous ces os se soudent entre eux et deviennent en même temps si minces, qu'il est parfois difficile de les distinguer (1).

Une des particularités de structure les plus remarquables de ces vertèbres nous est offerte par les prolongements latéraux, qui sont communément désignés sous le nom d'*apophyses transverses* (2). Au lieu d'être simples et pleines à leur base comme dans les autres parties du rachis, ces apophyses sont compliquées par l'adjonction d'une petite pleurapophyse ou pièce costale, et sont traversées d'avant en arrière par un trou résultant d'un espace vide laissé entre cette pièce et la base de la

(1) Chez les Baleines, les sept vertèbres cervicales s'ankylosent en général non-seulement par la soudure des cycléaux entre eux, mais aussi par la soudure d'un partie de l'arc neural (*a*). Quelquefois cependant la septième vertèbre reste libre (*b*). Chez le Cachalot, la soudure ne s'effectue qu'entre les six dernières vertèbres cervicales, et l'atlas reste libre (*c*).

Chez quelques espèces de la famille des Dauphins, aucune vertèbre cervicale n'est ankylosée, notamment chez le Plataniste du Gange, l'*Inia* de l'Amérique méridionale et le *Begula*. Chez le Narval, cette soudure paraît ne pas être normale. Chez la plupart des autres Cétacés du même groupe, la soudure s'établit entre les deux premières vertèbres, et s'étend souvent à plusieurs des vertèbres suivantes.

La soudure des six dernières vertèbres cervicales entre elles a lieu également chez les Tatous (*d*), les Glyptodons (*e*).

Enfin, chez les Rats-taupes du genre *Siphne*, les cinq vertèbres cervicales qui suivent l'axis sont ankylosées (*f*).

(2) M. Owen a étudié d'une manière très-approfondie la constitution et la disposition de ces apophyses chez divers Mammifères (*g*).

Il est à noter que chez les Baleines les apophyses transverses sont extrêmement développées (*h*).

(*a*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 26, fig. 13.
— Van Beneden et Gervais, *Ostéographie des Cétacés*, pl. 2, fig. 4, etc.
(*b*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 21, fig. 13.
— Flower, *On the Osteology of the Cachalot* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VI, pl. 39).
(*c*) Flower, *Osteology of the Mammalia*, p. 37.
(*d*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, p. 131, pl. 10, fig. 1.
(*e*) Burmeister, *Op. cit.*, t. II, pl. 29.
(*f*) Alphonse Milne Edwards, *Recherches pour servir à l'hist. nat. des Mammifères*, pl. 9, fig. 18 et 19, pl. 9 *b*.
(*g*) Owen, *On the* Megatherium. *Preliminary Observ. on the exogenous Processes of Vertebræ* (*Phil. Trans.*, 1851, p. 719, pl. 44-51).
(*h*) Struthers, *On the Cervical Vertebræ and their Articulations in ten Whales* (*Journ. of Anat. and Physiol.*, 1872, vol. VII, pl. 1 et 2).

diapophyse correspondante (1). Les trous ainsi disposés livrent passage à l'artère vertébrale, et forment par leur assemblage un canal longitudinal situé de chaque côté à la partie inférieure et latérale de la portion cervicale de l'épine dorsale, et appelé *canal hémal*. Il est aussi à noter que l'apophyse épineuse est généralement courte et que la plupart de ces vertèbres jouissent d'une mobilité assez grande.

La première vertèbre cervicale, appelée *atlas*, s'articule directement au crâne, et présente à cet effet deux surfaces articulaires concaves ou cavités glénoïdes dans lesquelles s'adaptent les condyles de l'occipital. L'apophyse épineuse est rudimentaire ou manque, et le corps de l'os est en général représenté par un arc étroit (2) qui constitue le segment inférieur d'un anneau complété en dessus par une traverse ligamenteuse et destiné à emboîter l'apophyse odontoïde dont le corps de la seconde

(1) Sur quelques-unes de ces vertèbres, particulièrement la pénultième et l'antépénultième, la pièce costale se prolonge souvent de façon à constituer une apophyse lamelleuse descendante, très-remarquable (*a*), que l'on désigne quelquefois sous le nom d'apophyse transverse inférieure.

Chez quelques Cétacés, les deux apophyses latérales, qui constituent ce trou, ne se rencontrent pas à leur extrémité, et par conséquent l'espace intermédiaire, au lieu d'être annulaire, reste ouvert. Cette disposition se voit à partir de la troisième vertèbre, chez le Dauphin du Gange, le Rorqual et la Baleine (*b*).

(2) Le corps de la première vertèbre cervicale reste toujours cartilagineux chez les Marsupiaux des genres *Koala* ou *Phascolarctus* (*c*). Chez d'autres Mammifères du même ordre, il est remplacé par des prolongements des pièces latérales (ou neurapophyses), qui pendant fort longtemps laissent entre elles, sur la ligne médiane, une fente plus ou moins large, ainsi que cela se voit chez les Potoroos et les Kangurous (*d*). Enfin, chez d'autres Marsupiaux, notamment chez les Péramèles (*e*) et la Sarigue cayopolin, le cycléal s'ossifie, mais ne se soude pas aux pièces latérales ou neurapophyses, et reste à l'état de pièce distincte.

(*a*) Par exemple chez le Chien : voyez Flower, *Op. cit.*, p. 22, fig. 7.
(*b*) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 194.
— Van Beneden et Gervais, *Op. cit.*, pl. 10, fig. 3, etc.
(*c*) Owen, Art. MARSUPIALIA (Todd's *Cyclop. of Anat.*, t. III, p. 277, fig. 99).
(*d*) Pander et Dalton, pl. 3, fig. *c* ; pl. 7.
(*e*) Owen, *loc. cit.*, fig. 98.

vertèbre est surmonté (1). Les ailes latérales ou apophyses transverses, sont grandes, et souvent elles présentent même un développement très-remarquable, ainsi que cela se voit chez la plupart des Carnivores, et particulièrement chez l'Hyène (2). Quelquefois l'atlas présente en dessous une ou même deux apophyses (3).

L'*axis*, ou deuxième vertèbre, se fait en général remarquer par l'existence d'une grosse apophyse médiane, dite *odontoïde*, qui naît de la face antérieure du corps de l'os, s'engage dans l'anneau formé par l'atlas, et y occupe souvent la plus grande partie de l'espace rempli d'ordinaire par le cycléal (4). Il en résulte une sorte de pivot qui permet à l'atlas d'exécuter sur l'axis des mouvements de rotation très-étendus, sans que son

(1) Le trou vertébral de l'axis est énorme et se trouve divisé par ce ligament transversal en deux anneaux, dont le postérieur loge comme d'ordinaire la moelle épinière, et l'antérieur forme autour de l'apophyse odontoïde de l'atlas une sorte de virole mobile (*a*). A l'aide de cette disposition, la première vertèbre cervicale peut pivoter sur la vertèbre suivante sans cesser d'y être unie avec une très-grande solidité.

(2) Chez cet Animal, ces apophyses sont aussi larges que longues, et chacune d'elles occupe le tiers du diamètre transversal de l'os (*b*).

(3) Chez le Lapin, l'arc inférieur de cette vertèbre est garni d'une apophyse médiane qui est dirigée obliquement en arrière. Enfin, chez quelques Chauve-Souris (*c*) et chez l'Ornithorhynque (*d*), elle porte en dessous deux apophyses qui peuvent être considérées comme les représentants de la racine antérieure de l'apophyse transverse.

(4) L'apophyse odontoïde n'est pas une dépendance exogène du corps de l'axis, mais le résultat d'une sorte de dédoublement de cette pièce, dont elle est parfaitement distincte dans le jeune âge. Elle naît au moyen d'une paire de points d'ossification et d'une pièce épiphysaire (*e*).

Chez les Cétacés, l'apophyse odontoïde est en général rudimentaire (*f*).

(*a*) Voyez Sappey, *Traité d'anat. descript.*, t. I, p. 530, fig. 188.

(*b*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. HYÆNA, pl. 4.

(*c*) Exemple : le *Noctilio leporinus* ; voy. Blainville, *Op. cit.*, t. I, CHEIROPTÈRES., pl. 9. — Le *Phyllostoma hastatum* ; voyez Pander et Dalton, *Op. cit.*, CHEIROPT., pl. 7, fig. *e*.

(*d*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 14, fig. 25 et 26.

(*e*) Voyez Sappey, *Op. cit.*, t. I, p. 288, fig. 92. — Flower, *Osteology of the Mammalia*, p. 29, fig. 10.

(*f*) Exemple : les Baleines ; voyez Van Beneden et Gervais, *Op. cit.*, pl. 4, fig. 9 ; et l'*Inia*, *loc. cit.*, pl. 32, fig. 2.

articulation avec cette vertèbre cesse d'être extrêmement solide (1). Quelquefois l'axis, au lieu d'être simplement échancré pour concourir à la fermeture des trous de conjugaison, est percé de deux paires d'ouvertures à bords complets servant au passage des nerfs cervicaux de la première paire (2). Il est aussi à noter que, chez la plupart des Mammifères, l'apophyse épineuse de cette vertèbre se développe beaucoup et affecte la forme d'une grande crête lamelleuse (3).

Les cinq vertèbres cervicales suivantes ne présentent parfois que des vestiges de l'apophyse épineuse (4) ; mais d'ordinaire ce levier osseux est bien caractérisé et sa longueur augmente progressivement d'avant en arrière (5). Quelquefois cette apophyse acquiert un développement très-considérable, surtout aux deux ou trois dernières vertèbres cervicales ; cela se remarque surtout chez les espèces dont le cou est court et peu flexible, tandis qu'au contraire, chez les Mammifères dont le cou est

(1) L'atlas n'est pas uni à l'axis par un fibro-cartilage intervertébral, mais est relié à cet os par des ligaments, dont l'un, placé transversalement dans l'intérieur de l'anneau constitué par le premier de ces os, complète l'espèce de collet où se trouve engagée l'apophyse odontoïde.

(2) Chez le *Capybara* par exemple (*a*).

(3) Chez l'Homme, cette apophyse est courte et bifide à son extrémité (*b*) ; chez les Singes, elle est plus développée et simple ; chez les Carnassiers, elle est lamelleuse, remarquablement grande (*c*) et très-robuste (*d*).

Il est aussi à noter que chez le *Glyptodon*, Édenté fossile gigantesque, l'axis ne s'articule pas avec la vertèbre cervicale suivante de la manière ordinaire ; leurs arcs supérieurs sont réunis au moyen d'une jointure en ginglyme (*e*).

(4) Chez les Chéiroptères et chez quelques Insectivores, l'apophyse épineuse de ces vertèbres manque ou n'est représentée que par un petit tubercule.

(5) L'apophyse épineuse de la troisième vertèbre cervicale est ordinairement très-courte.

(*a*) Flower, *Op. cit.*, p. 33, fig. 13.

(*b*) Voyez Sappey, *Op. cit.*, t. I, fig. 77.

(*c*) Exemple : le Magot ; voyez Blainville, *Op. cit.*, t. I, g. PITHECUS, pl. 8.

(*d*) Exemple : les Chiens ; voyez Blainville, *Op. cit.*, t. II, g. CANIS, pl. 11.

(*e*) Huxley, *Descr. of a New Species of Glyptodon* (*Proceed. of the Royal Society*. 1862, t. XII, p. 319).

— Serres, *Note sur deux articulations ginglymoïdales nouvelles existantes chez les* Glyptodon (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1863, t. LVI, p. 885-1028).

très-allongé et très-flexible, le Chameau et la Girafe, l'apophyse épineuse est petite ou de grandeur médiocre (1).

Enfin, chez quelques Mammifères, le corps des dernières vertèbres cervicales donne naissance à une crête descendante qui occupe la ligne médiane, et qui constitue parfois une apophyse très-proéminente (2).

Le nombre des vertèbres dorso-lombaires ne présente pas la même fixité que celui des vertèbres cervicales ; mais les variations sont encore plus grandes dans cette région moyenne du rachis, lorsque l'on considère séparément la portion dorsale et la portion lombaire, car très-souvent une ou même deux de ces vertèbres sont affectées, tantôt au groupe dorsal, d'autres fois à la série lombaire, suivant qu'il y a plus ou moins de côtes. Ainsi, chez quelques Singes cynocéphaliens, on ne compte que 12 vertèbres dorsales, tandis que chez d'autres espèces de la même division zoologique on en trouve 13 ; mais chez ces dernières il n'y a que 6 vertèbres lombaires, et chez les autres il y en a 7, de façon que dans l'un et l'autre cas le nombre total est de 19 (3). Le nombre 19 domine aussi chez les Ruminants, tout en se décomposant d'une manière variable (4). Chez les

(1) Chez la Girafe, ces apophyses ne sont représentées que par une crête longitudinale peu saillante (a). Chez les Chameaux (b) et le Lama, elles ne sont bien caractérisées que sur la sixième et la septième vertèbre (c).

(2) Cette crête est très-marquée chez les Ruminants proprement dits (d) et chez les Chevaux (e).

(3) Chez les Singes anthropomorphes, ce nombre total est moins considérable. Chez le Gibbon cendré, de même que chez l'Homme il est de 17 (= D.12 + L.5), et chez l'Orang-outan, il se réduit à 16 (=D.12 +L.4); mais, chez le Chimpanzé, il est de 18 (= D.14 + L.4).

(4) Dans la famille des Cerfs, ce total de 19 est ordinairement constitué par D.13 + L.6; mais chez le Renne ses facteurs sont 14 + 5.

Chez la Girafe, on trouve aussi D.14 + L.5 ; mais chez presque tous

(a) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV, *Cameleopardalus*, pl. 1

(b) Idem, *ibid.*, t. IV, *Camel.*, pl. 2.

(c) Idem, *ibid.*, pl. 1.

(d) Exemple : la Girafe ; voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV.

(e) Voyez Chauveau, *Op. cit.*, p. 16, fig. 7.

Carnassiers il y a en général 20 vertèbres dorso-lombaires ; mais ce total est constitué tantôt par D.15 + L.5, d'autres fois par D.14 + L.6 ou même par D.13 + L.7 (1). Chez les Pachydermes, ce total s'élève le plus communément à 22 ou 23 (2), et chez les Édentés, où il est extrêmement variable, il s'élève parfois à 27, ainsi que cela se voit chez l'Unau ou Paresseux à deux doigts, ou tomber plus bas que dans aucun autre groupe de la même classe, car chez le Tatou encoubert on ne trouve que 2 vertèbres lombaires précédées de 12 vertèbres dorsales. Les Damans sont au contraire, de tous les Mammifères, ceux où le nombre est le plus élevé, car il atteint 29 ou 30.

les Antilopes ainsi que chez les Chèvres, les Moutons et les Bœufs, il y a D.13 + L.6.

Chez les Chameaux et les Lamas, le même nombre total résulte de D. 12 + L. 7.

Dix-neuf est aussi le nombre dominant chez les Marsupiaux; D. 15 + L. 4 chez les Phascolomes; D. 13 + L. 6 chez les Sarigues, la plupart des Kangurous, et D. 12 + L. 7 chez quelques Phalangers.

Dans l'ordre des Rongeurs, il y a aussi le plus communément 19 vertèbres dorso-lombaires, savoir : D. 12 + L. 7 (*a*), ou D. 13 + L. 6 (*b*), ou D. 14 + L. 5 (*c*). Quelquefois cependant on trouve D. 14 + L. 6 (chez l'Oryctère des dunes), ou même D.16 + L.6 = 22, ainsi que cela se voit chez le *Hontia* ou *Capromys*. Chez la Souris, le nombre normal n'est pas atteint, comme cela a lieu chez le Rat et le Surmulot, car il n'y a que 12 vertèbres dorsales suivies de 6 vertèbres lombaires.

(1) Chez les Ours, ce nombre se compose en général de D. 14 + L. 6 ; mais chez l'Ours jongleur il y a une vertèbre dorsale de plus et une vertèbre lombaire en moins, combinaison qui se rencontre aussi chez le Blaireau et le Glouton, les Zorilles et le Télagon. Dans le genre Chien et le genre Chat, le même nombre total se rencontre presque toujours, mais résulte de D. 13 + L. 7; chez le Chat domestique il n'y a cependant associées au nombre ordinaire de vertèbres lombaires que 6 vertèbres dorsales (= 19), et chez les Paradoxures il y a D. 14 + L. 7 = 21.

Vingt est aussi le nombre ordinaire chez les Amphibiens, et résulte chez le Morse de D. 14 + L. 6; et chez la plupart des Phoques de D. 15 + L. 5. Chez le Phoque à croissant, on ne compte que D. 14 + L. 5.

(*a*) Par exemple chez l'Écureuil, la Marmotte, les Gerbilles, le Lérot, le Lapin.

(*b*) Par exemple chez le grand Écureuil de l'Inde, le Loir, le Lérot, le Hamster, le Rat, le Lemming, le Rat-taupe, le Cochon d'Inde, l'Agouti et le Paca.

(*c*) Par exemple chez le Castor, le Porc-épic et l'Athéruve. Chez le Coendou il y a D. 16 + L. 5.

Les apophyses épineuses des vertèbres dorso-lombaires ont en général des dimensions considérables (1); celles de la partie antérieure du dos sont presque toujours beaucoup plus longues que les autres, mais grêles, tandis que celles de la région lombaire sont remarquables par leur étendue dans le sens longitudinal (2). Les premières sont plus ou moins inclinées en arrière (3); celles de la région lombaire sont verticales ou dirigées un peu obliquement en avant, et dans le point de rencontre de ces deux séries il y a d'ordinaire un de ces prolongements osseux qui est plus court que ses voisins ou dirigé verticalement, lorsque les suivants sont inclinés en avant (4). L'allongement des apophyses épineuses des premières vertèbres dorsales est très-grand chez les espèces terrestres dont le cou est fort long (5) ou dont la tête est très-lourde (6), et est en rapport avec la puissance du ligament

(1) Chez les Chéiroptères, elles manquent plus ou moins complétement. Chez les Pottos ou Pérodictiques, les apophyses épineuses des deux ou trois premières vertèbres dorsales sont longues, et grêles et percent presque la peau de façon à faire saillie au dehors et à n'être recouvertes que par une portion amincie de la peau.

(2) Quelquefois les apophyses épineuses des vertèbres lombaires sont bifurquées au bout et emboîtent ainsi le bord antérieur de l'apophyse suivante (*a*).

(3) Chez l'Ornithorhynque, cette inclinaison est portée au maximum et existe presque dans toute la longueur du tronc (*b*).

(4) La convergence des apophyses épineuses des deux moitiés de la portion dorso-lombaire de la colonne vertébrale est très-marquée chez les Animaux dont le corps jouit d'une grande flexibilité, par exemple beaucoup de Carnassiers (*c*) et quelques Makis (*d*). Il est aussi à noter que d'ordinaire la longueur des apophyses épineuses diminue notablement vers ce point que l'on appelle le centre de mouvement de la colonne vertébrale.

(5) Par exemple, le Cheval (*e*), et surtout le Chameau (*f*) et la Girafe (*g*).

(6) Par exemple chez les Éléphants (*h*).

(*a*) Flower, *Op. cit.*, p. 47.
(*b*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 14, fig. 1.
(*c*) Exemple : le Lion ; voyez Blainville, *Ostéographie*, t. II.
— La Mangouste ; voyez Blainville, *loc. cit.*, VIVERRA, pl. 1.
— La Loutre ; voyez Blainville, *loc. cit.*, g. MUSTELLA, pl. 5.
(*d*) Exemple : le Maki vari ; voyez Blainville, *Op. cit.*, t. I, g. LEMUR, pl. 3 ; g. FELIS, pl. 1.
(*e*) Voyez Chauveau, *Op. cit.*, p. 4, fig. 3.
(*f*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. II.
(*g*) Voyez idem, *Op. cit.*, t. IV, Camelopardalis, pl. 1.
(*h*) Voyez idem, *Op. cit.*, t. III, pl. 1.

cervical et des muscles extérieurs de la colonne rachidienne.

Les apophyses transverses sont généralement de longueur médiocre (1) et simples dans la majeure partie de la région dorsale, où elles donnent insertion aux côtes et présentent, à cet effet, une facette articulaire vers leur extrémité ; mais dans la partie postérieure du thorax, elles commencent à se compliquer par le développement de deux prolongements particuliers, et dans la région lombaire cette disposition se prononce davantage, de façon que de chaque côté de la vertèbre on distingue deux ou même trois apophyses, dont l'une, appelée *métapophyse*, ou *apophyse mamillaire*, se dirige en avant et en haut le long du zygapophyse adjacent (2), dont la seconde se porte en dehors et constitue l'apophyse transverse principale, et dont la troisième se porte en arrière et a reçu le nom d'*anapophyse* (3).

J'ajouterai que chez quelques Mammifères les dernières apophyses transverses s'élargissent beaucoup, et parfois s'articulent entre elles par leur extrémité, ou même se soudent partiellement les unes aux autres par leurs bords (4).

Les apophyses articulaires acquièrent aussi parfois un développement très-considérable et une complication assez grande. Ainsi, chez beaucoup de Quadrumanes, l'apophyse articulaire

(1) Notamment chez les Lémuriens du genre *Galago* (a).

(2) Chez les Cétacés, elles sont au contraire très-longues.

Chez les Monotrèmes, celles de la région lombaire manquent plus ou moins complétement.

(3) Chez les Tatous, cette apophyse transverse ascendante est très-développée dans la région lombaire, et s'y termine par une tête arrondie (b) qui soutient la partie correspondante de la carapace formée par les os dermiques (c).

(4) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai à un travail spécial de M. Owen (d) sur les apophyses exagérées des vertèbres (e).

(a) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 10, fig. 1.

(b) Voyez ci-dessus, p. 39.

(c) Owen, *On the Megatherium*, 1re partie, *Preliminary observ. On the exogenous Processes of Vertebræ* (*Phil. Trans.*, 1851, p. 719).

(d) Voyez Chauveau, *Anat. des Animaux domestiques*, p. 23, fig. 9.

(e) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 200.

— Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. HIPPOPOTAMUS, pl. 4.

postérieure des dernières vertèbres dorsales et des premières vertèbres lombaires se bifurque, de façon à constituer une sorte de mortaise dans laquelle s'engage l'apophyse articulaire antérieure de la vertèbre ; souvent, chez plusieurs Édentés, ce mode d'union est même perfectionné davantage, car la morise devient double (1).

Chez le grand Édenté fossile désigné sous le nom de *Glyptodon*, les vertèbres du tronc, au lieu d'être, comme d'ordinaire mobiles les unes sur les autres, se soudent entre elles plus ou moins complétement (2).

Une apophyse épineuse inférieure, ou *hypapophyse*, se développe sur le corps des trois premières vertèbres lombaires chez le Lièvre (3). Il est aussi à noter que chez les Cétacés les épiphyses des corps des vertèbres restent distinctes fort longtemps (4).

On donne le nom de *sacrum* à un os impair qui fait partie du bassin, et qui est constitué par la soudure d'un certain nombre de vertèbres placées à la suite des vertèbres lombaires et

(1) Ainsi, chez le Cheval, les deux et quelquefois les trois dernières vertèbres lombaires, les apophyses transverses, se rencontrent par leurs bords et s'y articulent entre elles dans une étendue plus ou moins considérable (*a*). Chez les Hippopotames, toutes les apophyses transverses de toutes les vertèbres lombaires s'articulent de la sorte entre elles et souvent se soudent les unes aux autres (*b*). Une disposition analogue se rencontre chez les Rhinocéros et les Tapirs.

(2) Ce mode d'articulation est bien caractérisé chez les Tatous et les Fourmiliers (*c*).

(3) Cette soudure a lieu d'une part entre le plus grand nombre des vertèbres dorsales, d'autre part entre les vertèbres lombaires qui se confondent avec le sacrum (*d*). Chez le *Mylodon*, les vertèbres lombaires et les dernières vertèbres thoraciques sont également ankylosées (*e*).

(4) Elle est très-longue et styliforme (*f*).

(*a*) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 199.
(*b*) Flower, *Osteol. of the Mammalia*, p. 55, fig. 22.
(*c*) Burmeister, *Ann. del Museo de Buenos-Ayres*, t. I, pl. 6, fig. 1, et t. II, pl. 1, fig. 1, pl. 5, fig. 5, etc.
(*d*) Voyez Flower, *Op. cit.*, p. 14, fig. 8.
(*e*) Owen, *Descr. of the Skeleton of the* Mylodon robustus, p. 47, pl. 1.
(*f*) Voyez Malm, *Monographie illustrée du Baleinoptère*, pl. 14.

comprises entre les os des hanches. Ce nombre est très-variable ; parfois il s'élève jusqu'à dix, ainsi que cela se voit chez quelques Tatous, et d'autres fois il descend à deux, notamment chez les Marsupiaux. Une, deux ou même plusieurs de ces vertèbres sont caractérisées par le grand développement de leurs portions latérales, constituées principalement par les apophyses transverses, mais dans la composition desquelles entre de chaque côté une pièce costale, et les espèces d'ailes massives ainsi formées s'articulent avec les os iliaques par leur extrémité externe (1).

Les vertèbres sacrées postérieures ne s'étendent pas jusqu'au dernier os, et quoique ankylosées et soudées aux précédentes, elles semblent constituer la portion basilaire de la queue, plutôt que d'être des éléments constitutifs de la ceinture pelvienne.

Considéré dans son ensemble, le sacrum ressemble à un coin enfoncé dans l'espace compris entre les deux os iliaques. Chez les Mammifères dont le corps affecte habituellement ou souvent une position verticale, il présente une largeur considérable, particularité qui est portée au plus au degré chez l'Homme. Souvent ses apophyses épineuses sont très-courtes, par exemple chez les Singes, aussi bien que chez l'Homme ; mais chez les Rongeurs et les Édentés, ces prolongements se développent autant ou même plus que sur les vertèbres lombaires, et chez quelques espèces ils se réunissent entre eux, de façon à constituer une crête médiane continue (2).

(1) Quelques auteurs réservent le nom de vertèbres *sacrées* aux vertèbres constituées de la sorte, et appellent les autres des vertèbres *pseudo-sacrées*. Mais, ainsi que le fait remarquer avec raison M. Flower, nos connaissances relatives au centre d'ossification des vertèbres de la région pelvienne sont encore trop incomplètes, pour qu'on puisse établir cette distinction d'une manière générale (*Op. cit.*, p. 25).

(2) Cette disposition est portée très-loin chez les Taupes et les Musaraignes.

Il y a aussi une crête de même genre chez les Rhinocéros, la plupart des Ruminants, divers Rongeurs et quelques Édentés.

Ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire précédemment, il n'existe chez les Cétacés aucune distinction entre les vertèbres lombaires, sacrées et caudales, disposition qui coïncide avec l'absence des membres abdominaux (1).

Vertèbres caudales.

La portion caudale de la colonne rachidienne est celle qui varie le plus en longueur et par le nombre des vertèbres dont elle se compose. Chez quelques Chauves-Souris elle manque complétement, ou plutôt elle est confondue avec le sacrum; et chez quelques Singes, de même que chez l'Homme, elle est réduite à trois ou quatre vertèbres rudimentaires, et elle est trop courte pour être visible au dehors; mais, chez d'autres Mammifères, elle acquiert une importance considérable, et l'on y compte jusqu'à 46 vertèbres (2).

En général, ces vertèbres sont de deux sortes : les unes, occupant la portion antérieure de la série, sont pourvues d'un canal rachidien, comme dans le reste de la colonne vertébrale; les autres en manquent, et sont réduites au cycléal seul ou muni de ses dépendances apophysaires. Enfin, chez les Animaux dont la queue acquiert un développement considérable, et constitue un organe de mouvement important, plusieurs ou même la plupart de ces vertèbres portent suspendu à la face inférieure de leur corps un os en chevron, ou os en V, qui ressemble extrêmement à l'arc dorsal surmonté de son apophyse, et qui est formé par la réunion d'une paire d'hémapophyses (3).

Côtes.

§ 9. — Les *côtes* rachidiennes, constituées par le développe-

(1) Chez les Siréniens, le bassin rudimentaire est attaché par des ligaments à l'une de ces vertèbres (*a*), qui représente par conséquent un sacrum réduit à sa plus grande simplicité.

(2) Ce maximum est atteint chez un Édenté, le Pangolin à longue queue (*b*).

(3) Les os en chevron sont remarquablement développés chez les Cétacés (*c*) et chez les Kangurous (*d*). Mais c'est chez le *Glyptodon* qu'ils sont le plus grands (*e*).

(*a*) Exemple : le Dugong; voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 20, fig. 1.
(*b*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. MYRMECOPHAGA, pl. 1.
(*c*) Exemple : le Kangurou géant; voyez Pander et Dalton, *Op. cit.*, pl. 1.
(*d*) Voyez Van Beneden et Gervais, *Op. cit.*
(*e*) Voyez Burmeister, *Op. cit.*, t. II, pl. 1.

ment considérable des dépendances vertébrales dont j'ai déjà parlé plus d'une fois sous le nom de *pleurapophyses*, s'articulent aux vertèbres dorsales par leur extrémité supérieure, et s'unissent par leur extrémité opposée aux côtes sternales correspondantes. On les appelle *vraies côtes* lorsque ce cartilage les relie directement au sternum, et *fausses côtes* lorsque cette pièce complémentaire reste libre inférieurement ou ne s'appuie que sur les cartilages précédents ; mais cette distinction n'a aucune importance anatomique (1). Quelquefois certaines côtes s'articulent bout à bout avec les apophyses transverses, ainsi que cela se voit dans la portion postérieure de la région thoracique de beaucoup de Cétacés ; mais d'ordinaire ces arcs pleuraux présentent près de leur extrémité supérieure un prolongement qui se recourbe un peu en bas, dépasse la surface articulaire en rapport avec l'apophyse transverse, et va s'appuyer sur le corps de la vertèbre, où une surface articulaire est disposée pour le recevoir (2).

Le nombre des côtes varie entre vingt-quatre paires et dix paires, mais est ordinairement de douze, treize ou quatorze paires (3).

(1) Il est à noter que chez le Paresseux à trois doigts il existe au devant des côtes sternales ordinaires deux paires de fausses côtes dépendantes des huitième et neuvième vertèbres cervicales (*a*).

(2) Dans la portion antérieure du thorax, cette surface articulaire destinée à recevoir la tête de la côte est pratiquée en partie sur le côté du corps de la vertèbre dont cet os dépend, en partie sur la portion adjacente de la côte qui précède. Ainsi la première côte s'articule avec l'apophyse transverse de la première vertèbre dorsale, avec le corps de cette même vertèbre, et en outre avec le corps de la septième vertèbre cervicale.

(3) C'est chez le Paresseux à deux doigts, ou Unau, que les côtes sont le plus nombreuses ; il en existe vingt-quatre paires, 13 vraies côtes et 11 fausses côtes (*b*). Le Tatou noir est le seul Mammifère où le nombre des côtes se trouve réduit à 10 de chaque côté (*c*).

(*a*) Bell, *Op. cit.* (*Trans. Zool. Soc.*, t. I, pl. 17, fig. 1, 2 et 3).
(*b*) Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. BRADYPUS.
(*c*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 10, fig. 1.

Presque toujours ces os sont très-étroits et laissent entre eux des espaces considérables; mais, chez quelques espèces, les côtes s'élargissent beaucoup et se touchent presque, ou chevauchent même un peu les unes sur les autres, ainsi que cela se voit chez le Fourmilier à deux doigts (1).

§ 10. — Le système sternal des Mammifères n'est bien développé que dans la région thoracique, et ses branches costales restent à l'état cartilagineux. Dans la région abdominale, il n'est guère représenté que par des intersections aponévrotiques (2), à moins qu'on n'y rapporte les deux pièces osseuses qui, chez les Marsupiaux et les Monotrèmes, partent de l'arcade du pubis et s'avancent dans l'épaisseur des parois de la cavité viscérale. Sternum.

Le *sternum* est représenté primitivement par une pièce cartilagineuse unique, étroite et allongée (3), qui occupe la ligne médiane, et qui, par les progrès de l'ossification, se segmente et donne ainsi naissance à une série de pièces médianes, ordinairement impaires, quelquefois doubles, et disposées longitudinalement (4). Quelquefois toutes ces pièces, ou du moins la

(1) Leur bord postérieur, mince et arqué, glisse sur la côte suivante (*a*).

(2) Quelquefois cependant le cartilage xiphoïde qui termine le sternum en arrière constitue deux filets grêles qui se prolongent jusqu'auprès du bassin ; cette particularité a été constatée chez le Phatagin ou Pangolin à longue queue (*b*). Elle existe à un moindre degré chez le Pangolin à courte queue (*c*).

(3) Les observations de Rathke sur le développement du thorax chez l'embryon du Cochon montrent que dans le premier temps de sa formation, ce cartilage est lui-même divisé en une paire de pièces linéaires qui se réunissent promptement entre elles sur la ligne médiane (*d*).

(4) Lorsque l'ossification des sternites s'effectue d'une manière régulière, chacun de ces segments se développe par une paire de centres ostéogènes, et souvent les deux pièces ainsi produites restent plus ou moins distinctes entre elles pendant plus ou

(*a*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. MYRMECOPHAGA, pl. 2.

(*b*) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 238.
— Parker, *Op. cit.*, p. 202, pl. 22, fig. 17.

(*c*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 8, fig. 1.

(*d*) Rathke, *Zur Entwickelungsgeschichte der Thiere* (Müller's *Archiv*, 1838, p. 304).

plupart de ces osselets que je désigne sous le nom de *sternites* (1) restent parfaitement distincts entre eux, et ressemblent beaucoup aux cycléaux des vertèbres (2), vice de conformation qui est particulièrement remarquable chez les Carnassiers, où leur nombre s'élève d'ordinaire de huit à neuf (3); mais, en général, ces pièces se soudent entre elles, et l'on ne distingue dans le sternum ainsi constitué que trois parties principales désignées sous

moins longtemps. Ainsi, chez l'Homme, on voit quelquefois des traces permanentes de cette duplicité sous la forme d'un hiatus ou d'une suture médiane (*a*). Chez l'Orang-outan, chaque segment du mésosternum est composé de deux pièces qui en général restent distinctes jusqu'à ce que l'animal ait acquis la moitié de sa taille (*b*); une suture médiane persiste aussi très-fréquemment pendant tout le jeune âge chez le Cochon (*c*). Enfin la séparation entre les deux moitiés de la portion antérieure du sternum persiste pendant plus longtemps encore chez certains Cétacés, notamment chez le Cachalot (*d*).

Il est aussi à noter que le bord antérieur du présternum porte souvent une paire de petits noyaux osseux qui de chaque côté concourent à la formation de la cavité articulaire destinée à recevoir la clavicule (*e*). Ces pièces sont très-développées chez les Tatous (*f*).

(1) Blainville les désigne sous le nom de *sternèbres*, parce qu'il les considère comme des représentants des vertèbres.

(2) Cette ressemblance est encore augmentée chez le Tamanoir et le Tamandua, par le mode de développement des sternites moyens qui, dans le jeune âge, ont à chaque extrémité une pièce épiphysaire. Une disposition analogue persiste fort longtemps che le Chevrotain de Java (*g*).

(3) Le nombre des sternites varie beaucoup chez les divers Mammifères, et s'élève quelquefois plus haut que chez les Animaux dont je viens de parler. Ainsi, chez le Galéopithèque, on en distingue 10 ou 11 (*h*), et chez l'Unau, ou *Bradypus tridactylus*, on en compte 13, mais on ne trouve pas d'appendice xiphoïde (*i*).

(*a*) Breschet, *Rech. sur différentes parties du squelette des Animaux vertébrés encore peu connues, et sur plusieurs cas de vice de conformation des os* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, t. X, p. 98, pl. 8, fig. 2).
— Otto, *De rarioribus quibusdam sceleti humani cum Animalium sceleto analogis.*
(*b*) Flower, *Op. cit.*, p. 72, fig. 32.
(*c*) Idem, p 76, fig. 36.
(*d*) Flower, *Osteology of the Cachalot* (*Trans. of the Zool. Soc.*, t. VI, pl. 60, fig. 3).
— Parker, *On the Shoulder-girdle and Sternum*, pl. 29, fig. 12.
(*e*) Breschet, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ sér., t. X, pl. 8, fig. 1-4).
— Parker, *Op. cit.*, pl. 30, fig. 13.
(*f*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 10, fig. 21.
(*g*) Parker, *Op. cit.*, pl. 29, fig. 6.
(*h*) Blainville. *Op. cit.*, t. I, g. LEMUR, pl. 9.
(*i*) Parker, *Op. cit.*, pl. 21, fig. 16.

les noms de *manubrium* ou de *présternum*, de *mésosternum* et de *xiphisternum* ou d'*appendice xiphoïde.* Chacun des segments primordiaux du mésosternum s'articule latéralement avec une paire de côtes sternales dans son point de rencontre avec le segment suivant. Le manubrium s'articule avec les clavicules, dont j'aurai bientôt à parler, et souvent il s'élargit plus que les sternites suivants, ou s'avance plus ou moins loin sous la base du cou, comme l'éperon d'une galère antique (1); parfois il présente en dessous une crête longitudinale qui est comparable au brechet des Oiseaux (2). Chez les Cétacés, il constitue la presque totalité du sternum, et résulte de la soudure d'une paire de pièces qui restent souvent très-longtemps séparées entre elles sur la ligne médiane (3). Les autres différences

(1) L'allongement de l'épisternum est très-remarquable chez les Taupes (*a*).

Pour plus de détails au sujet de l'épisternum, je renverrai aux publications spéciales faites depuis quelques années (*b*).

(2) Chez les Chauves-Souris, la portion antérieure du sternum est pourvue d'un brechet très-saillant (*c*).

(3) Chez les Baleines, le sternum est fort réduit ; il ne se compose que d'une pièce et il s'articule avec une seule paire de côtes ; enfin sa forme est très-variable (*d*). Mais chez les Célodontes il est formé de plusieurs osselets dont la séparation primordiale sur la ligne médiane reste indiquée, soit par une suture longitudinale, soit par des pertuis (*e*), et il porte plusieurs paires de côtes (*f*).

Chez le Dugong, le mésosternum reste à l'état rudimentaire, et le sternum est formé presque entièrement par le manubrium et le xiphisternum (*g*).

(*a*) Voyez Jacobs, *Anatome* Talpæ Europææ, pl. 1, fig. 3.
— Blainville, *Ostéographie*, t. I, INSECTIVORES, pl. 7.
(*b*) Gegenbauer, *Ueber die episternalen Skelettheile* (*Jenaischen Zeitschr. für Med.*, 1864, t. I, p. 175, pl. 4). — *Upon the Episternal Portion of the Skeleton* (*Nat. Hist. Review*, 1865, p. 545).
— Lieschka, *Die ossa suprasternalia* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1853, t. IV, p. 36).
— Parker, *Op. cit.* (*Roy. Soc.*, 1868).
(*c*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. I, CHEIROPT., pl. 10.
(*d*) Van Beneden et Gervais, *Op. cit.*, p. 22, fig. dans le texte.
— Gervais, *Remarques sur l'anatomie des Cétacés* (*Nouv. Arch. du Muséum*, t. VII, p. 119 pl. 7).
(*e*) Par exemple chez :
— Le Narwal ; voyez Pander et Dalton, *Op. cit.*, Robben, etc., pl. 6, fig. *f*.
— Le Cachalot ; voyez Flower, *Op. cit.* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VI, pl. 60, fig. 3).
— Le *Globocephallus melas* ; voyez Van Beneden et Gervais, *Op. cit.*, pl. 51, fig. 12.
(*f*) Exemple : le *Delphinus* (ou *Pontoporia*, Blainville) ; voyez Burmeister, *Op. cit.*, t. I, pl. 26, fig. 3).
(*g*) Flower, *Osteol. of the Mammalia*, p. 80, fig. 41.

qu'on remarque dans la conformation du sternum dépendent principalement du nombre des segments du mésosternum et de la manière dont ces pièces se soudent entre elles (1); mais ce sont là des faits de détail dont il n'est pas nécessaire de nous occuper ici, et je me bornerai à ajouter que, chez les Monotrèmes, le bord antérieur du sternum se continue avec une paire d'os en forme de T, qui dépend de la ceinture scapulaire dont nous aurons bientôt à nous occuper.

Membres. § 11. — J'ai indiqué dans une précédente Leçon les caractères généraux de la charpente osseuse des membres (2), et par conséquent ici je me bornerai à signaler les particularités principales que nous offre cette partie du squelette chez les divers Mammifères. Les membres antérieurs sont toujours bien développés; mais chez les Mammifères pisciformes, c'est-à-dire chez les Cétacés et les Siréniens, les membres postérieurs manquent plus ou moins complétement, et ne se montrent jamais à l'extérieur. Les premiers sont toujours en connexion directe avec la partie antérieure du thorax, et pour cette raison sont appelés *membres thoraciques;* les seconds sont placés à la partie postérieure du tronc et sont désignés sous le nom de *membres abdominaux*.

Épaules. La portion basilaire des membres thoraciques, dite *ceinture scapulaire*, atteint son plus haut degré de développement chez les Monotrèmes. Là on trouve pour chaque épaule trois os parfaitement distincts entre eux, un scapulum, une clavicule et un coracoïde; deux de ces pièces, comparables à des arcs-boutants, vont s'articuler avec le sternum, et le scapulum, qui est la pièce principale, est simplement appliqué contre les parois du thorax (3). En général, le coracoïdien manque ou se confond

(1) Chez l'Homme, il existe en général, entre le présternum, qui est souvent mobile, et l'appendice xiphoïde, dont l'ossification est très-tardive, des trous plus ou moins distincts de quatre segments sternaux.

(2) Voyez ci-dessus, page 301.

(3) L'appareil scapulaire de l'Ornithorhynque et de l'Echidné ressemble à celui des Sauriens plus encore qu'à

avec le scapulum en y formant une tubérosité ou une apophyse particulière. Souvent la clavicule fait également défaut ou ne se développe que très-imparfaitement (1), et alors les os de l'épaule ne sont maintenus en place que par des aponévroses ou des muscles dont les plus importants constituent une sorte de sangle qui descend du bord supérieur de l'omoplate vers le sternum et porte le tronc (2), et il est à noter que ce mode d'orga-

celui des Oiseaux, auquel on le compare communément. Il est très-robuste, très-complexe et fort solidement uni au sternum (*a*). Sa partie antéro-inférieure est constituée par un grand os en forme d'Y, qui rappelle tout à fait la fourchette des Oiseaux et qui s'articule avec les omoplates par l'extrémité de ses deux branches, tandis que sa base est unie au bord antérieur du sternum. Dans le jeune âge, cet os fourchu se compose de trois pièces bien distinctes, dont les deux antérieures, grêles et allongées, occupent le bord antérieur des branches et sont des clavicules. La troisième pièce, la plus importante par son volume, présente trois branches dont les deux antérieures, dirigées en dehors, côtoient les clavicules et s'y soudent, et dont la troisième, dirigée en arrière, va rejoindre le sternum et a reçu les noms d'*os épisternal* ou d'*os interclaviculaire*. Les os coracoïdiens, placés en arrière des branches latérales de l'épisternal, sont larges et courts ; ils s'articulent aussi, d'une part avec le sternum, et d'autre part avec l'omoplate.

(1) La clavicule est bien développée, et s'articule directement au sternum ainsi qu'à l'omoplate, chez l'Homme, les Quadrumanes, les Chéiroptères, beaucoup d'Insectivores (tels que les Galéopithèques, les Taupes, les Chrysochlores, les Hérissons et les Musaraignes), divers Rongeurs (notamment les Écureuils, les Marmottes, les Castors, les Rats, les Hamsters, etc., et chez presque tous les Marsupiaux.

Elle n'est unie au sternum que par des ligaments chez les Tatous et les Fourmiliers à deux doigts, tandis que, chez les Porcs-épics elle est unie au sternum, mais n'atteint pas le scapulum. Elle est encore plus incomplète chez d'autres Rongeurs, tels que les Lièvres et les Agoutis, et chez beaucoup de Carnivores, tels que les Chats, les Chiens, les Hyènes, les Martes, les Loutres et les Blaireaux.

Enfin, elle manque chez d'autres Carnassiers, tels que les Ours, les Ratons, les Coatis, les Phoques ; les Ongulés ; chez quelques Édentés (notamment le Pangolin, le grand Fourmilier et le Tamandua); chez les Péramèles, parmi les Marsupiaux, et chez les Mammifères pisciformes.

(2) Le principal muscle supérieur du thorax est le grand dentelé qui, de

(*a*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 14, fig. 21 (Échidné), et pl. 14, fig. 5 (Ornithorhynque).
— Meckel, *Ornithorhynchi paradoxi Descr. anat.*, pl. 4, fig. 1.
— Owen, *Anat. of the Vertebrates*, t. II, p. 323, fig. 199.
— Parker, *On the Shoulder-girdle and Sternum*, p. 192, pl. 18, fig. 15 (*Ray. Soc.*, 1868).

nisation est particulier aux Mammifères dont les membres supérieurs sont affectés uniquement à la locomotion et ne se meuvent que dans le sens de l'axe du corps. Lorsque ces membres exécutent des mouvements plus variés et doivent pouvoir s'écarter entre eux ou se rapprocher du plan médian avec force, les arcs-boutants claviculaires destinés à maintenir les épaules écartées sont toujours bien constitués.

Le *scapulum*, ou *omoplate*, est un os plat, à peu près triangulaire, dont la face interne est appliquée contre les côtes et la base dirigée vers la colonne vertébrale. Son sommet, tourné vers le bas quand le corps est placé horizontalement, ou en dehors quand la position est verticale, s'articule avec l'humérus, et présente à cet effet une surface articulaire circulaire ou ovalaire et un peu concave, qui est connue sous le nom de *fosse glénoïdale* de l'omoplate. En général, on remarque près de son bord antérieur une tubérosité ou une apophyse en forme de bec à corbin, qui est appelée *apophyse coracoïde*, et représente l'os coracoïdien des Marsupiaux, des Oiseaux et des Reptiles. Enfin la face externe de l'omoplate est divisée en deux portions de grandeur inégale par une forte crête, dite *épineuse*, dont l'extrémité inférieure s'avance ordinairement beaucoup au-dessus de l'articulation scapulo-humérale et y forme une grosse apophyse appelée acromion, qui s'articule bout à bout avec la clavicule. Quelquefois cette apophyse se bifurque et s'unit à ce dernier os par l'extrémité de sa branche inférieure, tandis que sa branche supérieure, appelée *apophyse métacromiale*, reste libre.

Hanche. La portion basilaire des membres postérieurs qui, unie au

chaque côté de la poitrine, s'attache au bord supérieur de l'omoplate, et s'étale en éventail inférieurement, pour se fixer sur les côtes correspondantes. Il est très-développé chez le Cheval (*a*).

(*a*) Voyez Chauveau, *Op. cit.*, fig. 68, n° 15.

sacrum, constitue le bassin, forme chez la plupart des Mammifères une ceinture complète et très-solidement fixée à la portion de la colonne vertébrale qui constitue le sacrum (1). Chez les Cétacés et les Sauriens, elle n'est représentée que par quelques vestiges suspendus dans l'épaisseur des parois de l'abdomen (2), mais chez les Mammifères ordinaires elle est très-développée, et presque toujours ses deux moitiés se réunissent directement entre elles par leur extrémité inférieure au moyen d'une *symphyse* située sur la ligne médiane à la face ventrale du corps (3). Sa portion supérieure est constituée par l'os ilion, qui est comparable au scapulum et

(1) La partie supérieure de la face interne des os iliaques s'unit au bord externe du sacrum, qui est très-large ; quelquefois les surfaces articulaires s'ankylosent (notamment chez la plupart des Chéiroptères et des Édentés); mais d'ordinaire elles sont unies par du fibro-cartilage.

Parfois la ceinture coxale est renforcée par l'articulation des ischions avec la partie correspondante du sacrum, qui est alors très-large et très-solide en arrière aussi bien qu'en avant. Cette disposition se rencontre chez la plupart des Édentés, particulièrement chez les espèces grimpeuses (*a*), paresseuses (*b*), et chez celles qui se dressent sur leurs membres postérieurs pour atteindre aux feuilles des arbres, par exemple le *Mylodon* (*c*).

(2) Bien que les Cétacés et les Siréniens soient complétement dépourvus de membres abdominaux visibles au dehors, on trouve cachés plus ou moins profondément dans la région pelvienne des vestiges d'un bassin, et même divers osselets qui représentent, à l'état rudimentaire, quelques autres parties du système appendiculaire (*d*) ; mais ces pièces n'ont d'intérêt qu'à titre de témoins de tendance de la nature à conserver chez tous les Animaux d'un même embranchement un plan d'organisation constant.

(3) Le pubis reste ouvert chez quelques Insectivores, notamment chez la Taupe et les Musaraignes, ainsi que chez beaucoup de Chéiroptères et quelques Rongeurs, tels que les Cobayes. Chez beaucoup d'autres Mammifères au contraire, la symphyse s'ankylose : par exemple chez les Solipèdes, les Pachydermes et les Ruminants.

(*a*) Exemple : l'Aï ou Paresseux à deux doigts ; voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 7, fig. 1.
(*b*) Exemple : les Talous ; voyez Cuvier, *loc. cit.*, pl. 10, fig. 13 et 22.
— Les Pangolins ; voyez Cuvier, *Op. cit.*, pl. 8, fig. 18.
— Les Fourmiliers ; voyez Cuvier, *loc. cit.*, pl. 9, fig. 16.
(*c*) Owen, *Descr. of the Skeleton of a gigantic Sloth*, pl. 10, fig. 1 et 2.
(*d*) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 480.
— Owen, *Anat. of the Vertebrates*, t. II, p. 429.
— Van Beneden et Gervais, *Ostéographie des Cétacés.*

s'unit au sacrum près de son extrémité supérieure; sa portion inférieure se compose de deux branches à peu près parallèles et réunies à leurs deux extrémités, mais laissant entre elles une grande portion occupée par une membrane fibreuse et appelée *trou obturateur*. La branche antérieure, nommée *pubis* forme. en se réunissant à sa congénère par la symphyse déjà mentionnée, une arcade transversale à laquelle s'insèrent les muscles des parois inférieures de l'abdomen ; sa branche postérieure est constituée par l'*ischion*(1), et c'est au point de rencontre de cette pièce avec l'os iliaque et avec l'os pubien (2), que se trouve l'*acetabulum* ou *cavité cotyloïde*, fosse articulaire correspondante à la fosse glénoïdale de la ceinture scapulaire et destinée à recevoir la tête articulaire du fémur (3). L'espace compris entre l'ischion et le bord extérieur du sacrum constitue une grande échancrure dite ischiatique, qui presque toujours reste ouverte postérieurement, où elle n'est limitée que par une traverse ligamenteuse (4), mais qui est quelquefois convertie en un trou par la jonction de l'extrémité du premier de ces os avec la partie correspondante du sacrum, disposition qui nous est offerte par la plupart des Édentés (5). L'extrémité inférieure

(1) La plupart des anatomistes considèrent l'os pubien comme étant l'homologue sérialaire de la clavicule, et l'ischion comme représentant l'os coracoïdien ; mais il y a aussi des raisons qui militent en faveur de déterminations inverses (a).

(2) Quelquefois il y a, au point de jonction de ces trois pièces pelviennes, un petit os complémentaire, appelé *cotyloïdien*. Cette disposition persiste assez longtemps chez divers Carnassiers.

(3) Chez l'Échidné, le fond de la cavité glénoïdale est largement perforé, ainsi que cela se voit chez les Oiseaux ; mais d'ordinaire le passage des vaisseaux a lieu par une échancrure située sur le bord de cette fosse articulaire.

(4) Ce ligament sacro-sciatique s'ossifie chez les Chevrotains, et par conséquent chez ces Animaux l'échancrure sciatique se trouve convertie en un trou.

(5) Le trou ischiatique remplace ainsi l'échancrure de même nom chez les Tatous, les Pangolins, les Fourmiliers et les Paresseux ; une disposition analogue se rencontre chez

(a) Humphrey, *Observ. on the Limbs of Vertebrate Animals*, 1860, p. 23, pl. 1.

de l'ischion se prolonge plus ou moins en forme de tubérosité, et sert de base de sustentation dans la position assise (1).

D'ordinaire la portion antérieure des os iliaques s'élargit beaucoup en forme d'ailes, et présente ainsi des surfaces très-étendues pour l'insertion des muscles fessiers (2) ; cette disposition donne aussi beaucoup d'évasement à la portion correspondante du bassin, et, lorsque nous étudierons la locomotion, nous verrons qu'elle est en rapport avec l'aptitude de certains Mammifères à affecter la position verticale.

Enfin, chez les Marsupiaux et les Monotrèmes, la structure du bassin se complique davantage par le développement d'une fourche osseuse à deux branches, qui naît du bord antérieur de l'arcade du pubis (3). J'ai déjà eu l'occasion de parler de ces

les Phascolomes, dans l'ordre des Marsupiaux.

(1) Les tubérosités ischiatiques sont remarquablement grosses chez les Singes à callosités fessières.

(2) Chez quelques Mammifères, l'étendue de cette surface, appelée *fosse iliaque externe*, est augmentée par le prolongement de l'os iliaque en forme de crête dorsale au delà de son articulation avec le sacrum.

On donne le nom de *fosse iliaque interne* à la surface plus ou moins concave qui est constituée par la face interne de cette portion des os des hanches, et l'on appelle *détroit antérieur du bassin*, la ligne de démarcation, plus ou moins prononcée, qui est formée par le bord postérieur (ou inférieur) de cette fosse sur les côtés, par le bord antérieur du sacrum en dessus et par le bord antérieur de l'arcade du pubis en dessous. Souvent on désigne, sous le nom de *petit bassin*, la portion de la ceinture pelvienne qui est située au delà de ce détroit antérieur. Les dimensions relatives de ces passages présentent chez la Femme des particularités qu'on n'observe pas chez les autres Mammifères (*a*).

Ainsi que nous l'avons vu ailleurs, les organes génito-urinaires, de même que l'intestin rectum, traversent d'ordinaire cette ceinture pour aller s'ouvrir au dehors. Mais chez la Taupe, où le pubis reste béant en dessous, le bassin est trop étroit pour livrer passage à ces parties, qui se logent au-dessous.

(3) Laurent (de Toulon) a fait voir que les os marsupiaux sont le résultat de l'ossification d'une portion des tendons des muscles obliques externes de l'abdomen, et peuvent être comparés à des *os sésamoïdes* très-allongés (*b*). Ils existent dans les deux sexes.

(*a*) Joulin, *Anat. et physiol. comp. du bassin des Mammifères* (*Arch. gén. de médecine*, 1864).

(*b*) Laurent, *De l'os marsupial du bassin des Didelphes et Ornithodelphes, et de la signification des pièces du squelette des Vertébrés en général* (*Voyage de la Bonite*, Zool., t. I, p. 81).
— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 356.

pièces complémentaires (1) et il me paraîtrait superflu de nous y arrêter ici.

L'*humérus* et le *fémur*, qui constituent la charpente osseuse du premier segment des membres thoraciques et abdominaux, sont presque toujours des os très-allongés, plus ou moins cylindriques et renflés à leurs deux bouts, où ils sont constitués par des pièces épiphysaires plus ou moins complexes (2). Leur extrémité supérieure, ou tête, est occupée en majeure partie par une surface articulaire très-convexe et souvent même hémisphérique, qui s'engage dans la cavité articulaire correspondante de la portion basilaire du membre. Chez l'humérus, cette tête articulaire est en général terminale et se trouve à peu près dans la direction de l'axe du corps de l'os (3); mais chez le fémur elle est rejetée en dedans et portée sur une espèce de col qui forme un angle avec la portion suivante de l'os. Il est aussi à noter que deux tubérosités plus ou moins développées naissent à peu de distance du bord de cette surface articulaire et servent à l'insertion des muscles; elles sont particulièrement développées aux membres postérieurs, où on les désigne sous les noms de *trochanter* et de *trochantin* (4).

L'extrémité inférieure de ces os est élargie et disposée en manière de poulie pour s'articuler avec les os du second segment du

(1) Voyez tome IX, page 134.

(2) Chez les Mammifères essentiellement aquatiques, l'humérus est très-raccourci (*a*). Chez les Cétacés, cette particularité est portée très-loin (*b*); mais, chez la Taupe, elle devient plus remarquable, à cause de la longueur insolite de l'os et de sa forme bizarre (*c*).

(3) Chez les Chauves-Souris, la tête de l'humérus est disposée en forme de poulie semi-circulaire, et s'articule par ginglyme angulaire avec la cavité glénoïde de l'omoplate. D'ordinaire elle est au contraire arrondie et permet des mouvements orbiculaires.

(4) Le trochanter, ou grosse tubérosité de l'humérus, est séparé du trochantin, ou petite tubérosité du même os, par une gouttière où glisse le tendon du muscle biceps brachial.

(*a*) Par exemple chez les Phoques; voy. Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 17, fig. 1 et 6.
(*b*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 23, fig. 22.
(*c*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. I, INSECTIVORES, pl. 1 et 8.

membre. Cette jointure est en ginglyme angulaire et ne permet de mouvement que dans le sens du petit diamètre de la tête inférieure de l'humérus et du fémur, où l'on remarque deux éminences à surfaces courbes séparées entre elles par un sillon ou gorge et disposées perpendiculairement au plan dans lequel la flexion s'opère : on les désigne sous le nom de *condyles*. La longueur de ces os diminue beaucoup chez les Mammifères dont le pied s'allonge et ne touche au sol que par l'extrémité des doigts, ainsi que chez ceux dont les membres se raccourcissent en entier. Je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai des modifications au moyen desquelles les membres sont appropriés à différents genres de locomotion. Ici je me bornerai à ajouter que l'humérus présente à la face postérieure de son extrémité, au-dessus des condyles, une fosse plus ou moins profonde qui reçoit l'apophyse olécrâne du cubitus et qui est quelquefois percée d'un trou. Cette partie correspond morphologiquement à la face antérieure de l'extrémité inférieure du fémur qui est en rapport avec la rotule, tandis que la dépression appelée *creux poplité*, et située à la face postérieure de l'extrémité inférieure du fémur, représente la portion antérieure de l'extrémité inférieure de l'humérus. Cette espèce de transposition semble dépendre d'une torsion subie par le corps de ce dernier os; et si l'on tient compte de ce mouvement, il devient facile de retrouver à leur place respective les homologues de toutes les parties dans les sections suivantes de l'un et l'autre membre (1).

(1) Vicq d'Azyr fut le premier à étudier attentivement les ressemblances qui existent entre le membre thoracique et le membre abdominal dans l'espèce humaine, et à chercher à bien caractériser le plan commun d'après lequel ces deux parties de l'organisme sont constituées (a). La question, qui au premier abord paraît très-simple et qui est facile à résoudre lorsqu'on ne l'envisage que d'une manière générale, se complique beaucoup, et présente des difficultés considérables lorsqu'on l'approfondit et qu'on arrive aux détails anatomiques; aussi a-t-elle été l'objet de beaucoup

(a) Vicq d'Azyr, *Mém. sur les rapports qui se trouvent entre les usages et la structure des quatre extrémités dans l'Homme et dans les Animaux* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1778, p. 254).

Les deux os du second segment des membres antérieurs, ou avant-bras, sont le *cubitus* et le *radius*. Ils sont placés côte

de travaux, et, pour interpréter les faits, on a eu recours à des hypothèses diverses (*a*). Vicq d'Azyr et plusieurs de ses successeurs ont considéré le membre supérieur d'un côté comme étant le représentant du membre inférieur du côté opposé. Bourgery adopta en partie les vues de Vicq d'Azyr, mais en supposant un croisement partiel, par suite duquel la tête du tibia représenterait le cubitus, tandis que la moitié inférieure du même os correspondrait au radius, et le péroné serait l'homologue du radius dans sa portion supérieure, mais serait le représentant du cubitus dans sa portion inférieure. Flourens insista avec raison sur la nécessité d'établir la comparaison entre le pied et la main en plaçant celle-ci en pronation, c'est-à-dire avec le pouce en dedans, au lieu d'être en supination, comme l'avaient placée ses prédécesseurs. Mais chacune de ces manières de voir était sujette à des objections graves et ne levait que partiellement les difficultés. M. Martins interpréta d'une autre façon les faits, et en admettant par hypothèse que le corps de l'humérus a subi un mouvement de torsion plus ou moins considérable, il est parvenu à établir une certaine concordance entre les deux parties de cet os et les parties homologues du fémur, ce qui permet de ramener à un plan unique la structure de toute la portion suivante des membres antérieurs et postérieurs. Or, les observations de M. Gegenbauer établissent que l'os du bras éprouve effectivement un mouvement de ce genre pendant les premiers temps du développement de l'embryon ; par conséquent, l'interprétation des homologies proposée par M. Martins me paraît être admissible en ce qui concerne l'humérus et le coude, comparés au fémur et au genou ; mais je ne saurais adopter les vues de cet auteur au sujet de l'interprétation des homologues entre les portions inférieures de l'avant-bras et de la jambe, et je rappellerai que des objections sérieuses y ont été faites par M. Lavocat.

(*a*) Blainville, *Mammifères* (*Nouv. Dict. d'hist. nat.*, t. XIX, p. 90, 1818).
— Gerdy, *Note sur le parallèle des os* (*Bulletin de Férussac*, 1829; — *Scienc. méd.*, t. XXVI, p. 369).
— Blandin, *Nouv. Éléments d'anat. descriptive*, 1838, t. I, p. 202.
— Flourens, *Nouvelles Observations sur le parallèle des extrémités dans l'Homme et les Quadrupèdes* (*Ann. des sc. nat.*, 1838, 2ᵉ sem., t. X, p. 35, pl. 3)
— Bourgery, *Traité complet de l'anat. de l'Homme*, 1832, t. I, p. 133.
— Cruveilhier, *Anat. descr.*, 1843, t. I, p. 339.
— Auzias-Turenne, *Sur les analogies des membres supérieurs avec les inférieurs* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXIII, p. 1148).
— Rigaud, *Sur l'homologie des membres supérieurs et inférieurs de l'Homme* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1849, t. XXIX, p. 630).
— Lavocat, *Discussion sur le parallèle des membres thoraciques pelviens*, 1868.
— Gervais, *De la comparaison des membres chez les Animaux vertébrés*, thèse. Montpellier, 1853 (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1853, t. XX).
— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 304.
— Martins, *Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'Homme et chez les Mammifères, déduite de la torsion de l'humérus* (*Mém. de l'Acad. de Montpellier*, 1857 ; — *Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. VIII). — *Ostéologie comparée des articulations du coude*

à côte, et tantôt ils sont soudés entre eux, tandis que d'autres fois ils sont susceptibles de tourner l'un sur l'autre de façon à déterminer un changement complet dans la position de la main, qui est suspendue à leur extrémité supérieure. Le cubitus sert principalement à consolider l'articulation de l'avant-bras avec le bras, et à fournir des points d'appui au radius dont l'extrémité inférieure, plus ou moins éloignée, constitue le principal support de la main. Il en résulte que le premier de ces os acquiert son maximum d'importance et de développement chez les Mammifères où la portion terminale du membre jouit de la mobilité la plus grande, et qu'au contraire son rôle est en général fort réduit chez les espèces où les mouvements ne s'exécutent que dans un même plan, celui de l'extension et de la flexion, sans permettre ni pronation ni supination. Alors le radius devient le principal os de l'avant-bras, et le cubitus n'est souvent représenté que par une pièce complémentaire soudée à la portion supérieure du précédent et le dépassant en arrière de l'articulation du coude pour constituer l'apophyse olécrâne. Chez la plupart des Mammifères à sabots, cette union devient même si intime, que la charpente solide de ce segment des membres antérieurs appelé alors *jambe* plutôt qu'avant-bras, ne semble être constituée que par un seul os, et cet os est un radius renforcé par une pièce empruntée au cubitus(1). L'Éléphant fait exception

(1) Chez le Cheval, par exemple, le cubitus est intimement soudé au radius et se termine par une pointe aiguë vers le quart inférieur de cet os (*a*).

et du genou chez les Mammifères, les Poissons et les Reptiles (*Mém. de l'Acad. de Montpellier*, 1862, t. III, p. 335). — *Comparaison des membres* (*Dict. encycl. des sciences médicales*, 2e sér., t. XI).

— Foltz, *Homologie des membres pelviens et thoraciques de l'Homme* (*Journal de physiologie*, 1863, t. VI, p. 49 et p. 379).

— Gegenbauer, *Ueber die Drehung des Humerus* (*Jenaischen Zeitschrift*, t. IV, p. 50). — *Sur la torsion de l'humérus* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1870, t. X).

— Joly, *Discussion sur le parallèle des membres thoraciques et pelviens* (*Acad. des sciences de Toulouse*, 1867).

— Humphrey, *Observ. on the Limbs of Vertebrate Animals, the Plan of their Construction, their Homology*, etc., 1870.

— Huxley, *Hunterian Lectures* (*Medical Times*, 1874).

— Flower, *On the serial Homology of Limbs* (*Trans. of the Linn. Soc.*, t. XXV, p. 395). — *Osteology of Mammalia*.

(a) Voyez Chauveau, *Anat. des Animaux domestiques*, p. 74, fig. 33.

à cette règle ; le cubitus, au lieu de s'amincir inférieurement, s'élargit vers le bas, de façon à jouer le principal rôle dans l'articulation du pied, et le radius devient accessoire.

Le principal os de la jambe est toujours le *tibia*, et celui-ci, à raison de ses connexions avec le pouce et l'index, doit être considéré comme le représentant du radius (1). Le *péroné*, qui est l'homologue du cubitus, est souvent réduit à l'état d'un stylet plus ou moins rudimentaire (2), et, quand il est bien développé, il sert principalement à consolider l'emboîtement de la poulie articulaire du pied dans l'espèce de gorge constituée par l'extrémité inférieure de la jambe, où cet os forme la cheville externe, tandis que du côté intérieur la cheville est constituée par un prolongement du tibia. Inférieurement la ressemblance est donc des plus grandes entre l'avant-bras et la jambe, mais supérieurement elle est en quelque sorte masquée par suite de l'espèce de renversement qui s'opère dans le degré d'importance et de développement relatif des deux os du second article, suivant que celui-ci appartient au membre thoracique ou au membre pelvien. Dans le premier cas, c'est la branche externe ou cubitale qui prédomine; dans le dernier cas, c'est au contraire la branche interne ou tibiale qui joue le principal

(1) La plupart des anatomistes, guidés par la considération de la forme de ces os plutôt que par leurs connexions avec le système digital, admettent que le cubitus est le représentant du tibia, et le radius l'homologue du péroné; mais cette hypothèse supposerait un renversement complet dans les relations de ces os avec les appendices terminaux du membre, et le pouce serait suspendu tantôt à l'une, tantôt à l'autre de ces branches. M. Lavocat a publié sur ce sujet des remarques très-judicieuses (*a*).

(2) Le péroné se soude au tibia par ses deux extrémités. Chez beaucoup de Rongeurs et chez plusieurs Ongulés, notamment le Cheval, il est réduit à un rudiment styliforme. Chez l'Ornithorhynque, au contraire, cet os se développe beaucoup supérieurement et dépasse l'articulation cubito-humérale en forme de talon (*b*).

(*a*) Lavocat, *Discussion sur le parallèle des membres thoraciques et pelviens*. Toulouse, 1868.
(*b*) Voyez Flower, *Op. cit.*, p. 305, fig. 113.

rôle dans la constitution de la jointure. Or, le grand muscle extenseur de cet article ou segment s'insère toujours à celui des deux os qui, dans le voisinage de l'articulation appelée *coude* ou *genou*, est le plus puissant; par conséquent, il s'attache au cubitus dans le membre thoracique, et au tibia dans le membre abdominal, et l'os sésamoïde qui se développe dans son tendon, et qui constitue d'une part l'olécrâne, d'autre part la rotule, se trouve relié à des os qui, tout en ayant les mêmes fonctions, ne se représentent pas morphologiquement. Il est aussi à noter que la rotule ne se soude pas au tibia comme l'olécrâne se soude presque toujours au cubitus.

Pieds et mains.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, le troisième segment des membres, formant les pieds et les mains des Mammifères, se subdivise en trois portions placées à la file, savoir : le *carpe* ou le *tarse*, le *métacarpe* ou le *métatarse*, et les *doigts*. Chacune de ces parties se décompose à son tour en plusieurs branches placées côte à côte, et les principales modifications qu'on remarque dans la conformation de l'ensemble dépendent, soit du nombre de ces rayons, qui se représentent mutuellement, soit de leur développement relatif et du degré de leur indépendance (1).

Les *doigts*, quand ils sont constitués d'une manière complète, sont composés de trois phalanges placées bout à bout et dont la dernière porte un ongle; presque toujours le premier doigt du côté interne, ou pouce, ne possède que deux de ces os, et c'est chez les Cétacés seulement, animaux dont les membres sont transformés en palettes natatoires, que le nombre

(1) Pour l'étude de cette partie de la charpente solide des Mammifères, je renverrai aux traités généraux d'anatomie comparée déjà cités et à diverses publications spéciales (*a*).

(*a*) Joly et Lavocat, *Étude d'anatomie philosophique sur la main et le pied de l'Homme, et sur les extrémités des Mammifères ramenées au type pentadactyle*. Toulouse, 1853. — *Études paléontologiques tendant à ramener au type pentadactyle les extrémités des Mammifères fossiles*, 1853. — Lavocat, *Rech. comparatives sur les pièces osseuses composant la main et le pied de l'Homme et des principaux Mammifères*. Toulouse, 1855.

de ces pièces digitales s'élève davantage; là on en compte jusqu'à treize (1).

Le nombre typique des doigts est cinq, aucun Mammifère n'en possède davantage; mais chez beaucoup de ces Animaux quelques-uns de ces organes deviennent rudimentaires ou disparaissent même complétement, et c'est toujours le pouce qui manque d'abord (2). Chez d'autres espèces, le doigt externe fait également défaut, ce qui réduit leur nombre à trois (3); quelquefois il n'en reste même que deux (4). Enfin, chez le Cheval et les autres Solipèdes, il n'y en a plus qu'un seul, mais cet organe unique semble représenter deux de ces appendices qui seraient confondus entre eux (5). Il est aussi à noter que presque toujours

(1) Chez les Cétacés, les phalanges ne se distinguent pas des os métacarpiens, et chez une espèce de Dauphin le nombre de ces osselets placés bout à bout s'élève à 14 dans le rayon correspondant au second doigt (*a*).

(2) Chez les Phoques, le pouce est aussi long ou même plus long que les autres doigts (*b*), et il est presque de même longueur chez quelques Carnassiers, tels que les Ours (*c*); mais, en général, il est notablement plus court et quelquefois, sans cesser d'exister, il est caché sous la peau et est réduit à une seule phalange: par exemple chez les Hyènes (*d*).

Les pouces antérieurs, apparents ou non, sont également rudimentaires chez l'Eriode arachnoïde, parmi les Singes, et chez beaucoup de Rongeurs ainsi que chez plusieurs Carnassiers. Enfin ces appendices n'existent jamais, ni chez les Ruminants, ni chez les Pachydermes proprement dits.

(3) Par exemple chez les Rhinocéros, qui sont tridactyles: leur quatrième doigt n'est représenté que par un os métatarsien rudimentaire et manque complétement aux membres antérieurs (*e*).

(4) Par exemple chez le Chameau (*f*).

Chez l'Unau, il n'y a que deux doigts aux membres antérieurs, mais deux autres doigts sont représentés par des os métacarpiens rudimentaires.

(5) Cette vue théorique est corroborée par les cas tératologiques dans lesquels le pied du Cheval est bifide (*g*). Il est aussi très-présumable

(*a*) Flower, *Osteology of Mammalia*, p. 281, fig. 90.

(*b*) Voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 17, fig. i.
— Blainville, *Op. cit.* t. II, g. PHOCA, pl. 8.

(*c*) Voyez Cuvier, *Op. cit.*, t. IV, pl. 23, fig. 14 et 21.

(*d*) Voyez Cuvier, *Op. cit.*, t. IV, pl. 28, fig. 21 et 22.

(*e*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. III, g. RHINOCEROS, pl. 6 et 7.

(*f*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. CAMELUS, pl. 5.

(*g*) Lavocat et Joly, *Études sur une Mule fissipède* (*Mém. de l'Acad. de Toulouse*, 1853).
— Arloing, *Contribution à l'étude de l'organisation du pied chez le Cheval* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1867, t. VIII, p. 55).

le doigt médius (ou troisième doigt, quand la série est complète) dépasse les autres en longueur ainsi qu'en force ; mais que chez les espèces à pied fourchu, le doigt suivant (savoir le quatrième) n'en diffère ni par ses dimensions ni par sa forme.

En général, la longueur des phalanges du même doigt diminue progressivement (1), et la phalangette, plus courte que les autres, est simple et retirée vers le bout (2). Ces os sont réunis entre eux, ainsi qu'avec tout os qui les porte, par des ginglymes angulaires, et, en général, ils sont susceptibles de se fléchir beaucoup les uns sur les autres vers la face palmaire du membre, sans pouvoir se renverser notablement en sens inverse ; quelquefois cependant la phalange unguéale se redresse dans l'état de repos, ainsi que cela se voit chez les Carnassiers du genre

que les deux doigts confondus de la sorte sont le doigt médius et le doigt annulaire, car, à l'époque tertiaire, il y avait des Chevaux dont le pied était conformé comme celui des Solipèdes actuels mais présentait de chaque côté un doigt surnuméraire : chez ces Animaux, connus sous le nom d'*Hipparions*, il y avait donc virtuellement quatre doigts, et il serait contraire à l'analogie de supposer que l'un de ces appendices était un pouce. Or, en admettant que les deux doigts complémentaires soient l'index et le doigt auriculaire, il faut que le doigt double situé entre ces organes soit constitué par le médius et l'annulaire, et non par le médius et l'index, comme le supposent quelques auteurs.

(1) Chez les Paresseux, les premières phalanges sont très-courtes, tandis que les phalangines et les phalangettes sont fort allongées (*a*).

(2) Quelquefois la phalange unguéale se développe beaucoup vers sa partie moyenne et se prolonge autour de la base de l'ongle, de façon à l'engaîner très-solidement. Cette disposition est fort remarquable chez le Lion et les autres grands Féliens (*b*), mais elle est portée encore plus loin chez les grands Édentés fossiles (*c*).

Il est aussi à noter que chez la Taupe (*d*), le Pangolin (*e*), et quelques autres Mammifères dont les ongles sont employés à la façon d'une bêche pour fouiller la terre et ont besoin de beaucoup de solidité, les phalanges unguéales sont bifurquées au bout.

La même disposition se fait remarquer aux doigts principaux de quelques Marsupiaux (*f*).

(*a*) Voyez Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 6, fig. 5.
(*b*) Voyez Blainville, *Ostéogr.*, t. II, g. FELIS, pl. 1.
(*c*) Par exemple le *Megatherium* ; voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 16.
(*d*) Voyez Flower, *Osteology of Mammalia*, p. 261, fig. 90.
(*e*) Voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. X, pl. 8, fig. 23.
(*f*) Par exemple chez les Péramèles ; voyez Flower, *Op. cit.*, p. 278, fig. 103.

Chat (1). Il est aussi à noter que, chez les Quadrupèdes à pieds fourchus, les deux phalangettes principales (2), au lieu d'être comme ces dernières des os symétriques, sont aplaties sur les côtés qui se regardent, en sorte qu'étant réunies, elles ressemblent à un gros doigt impair fendu verticalement d'avant en arrière sur la ligne médiane.

Chaque doigt est porté par un os métacarpien ou métatarsien particulier, et cet os ne diffère guère de la phalange avec laquelle il s'articule, si ce n'est que sa mobilité est moindre et qu'il est toujours uni à ses congénères par les parties molles environnantes, tandis que d'ordinaire le doigt est libre (3). Le ***métacarpe*** typique se compose donc d'une rangée de cinq os placés parallèlement entre eux, et, lorsque le nombre des doigts di-

(1) La rétractilité des griffes du Chat et des autres Animaux du même genre résulte du mode de conformation de l'articulation de la phalange unguéale avec la phalangine. La surface articulaire du premier de ces deux os constitue une sorte de poulie excentrique dont le grand diamètre est longitudinal, et les principaux ligaments élastiques qui s'étendent latéralement de l'un à l'autre sont situés près de leur face dorsale. Il en résulte que, dans l'état de repos, la phalangette est renversée contre la face dorsale de la phalangine, et qu'il faut un effort musculaire pour ramener ces deux os en ligne droite, position dans laquelle l'ongle devient saillant. Rudolphi a donné de très-bonnes figures de ces parties chez le Lion (*a*).

(2) C'est-à-dire les phalangettes des deux grands doigts : le médius et l'annulaire (*b*).

(3) Chez les Animaux à pouce opposable, l'os métacarpien qui porte cet organe, au lieu d'être étroitement uni au métacarpien suivant par des ligaments situés à ses deux extrémités, ainsi que cela a lieu pour ceux des autres doigts, est très-mobile, et peut non-seulement s'écarter beaucoup de son voisin, mais s'infléchir vers la face palmaire de la main. Chez quelques Singes, le métacarpien du pouce est même très-écarté de celui de l'index à sa base aussi bien qu'à son extrémité digitale (*c*).

Chez les Paresseux tridactyles, les os du métacarpe sont au contraire complétement immobiles et soudés entre eux vers leur extrémité carpienne (*d*).

(*a*) Rudolphi, *Ueber die Anat. der Löwen* (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1818, p. 131, pl. 1, fig. 2 et 3).

(*b*) Par exemple chez le Bœuf, voyez Chauveau ; *Anat. des Animaux domestiques*, p. 86, fig. 40.

(*c*) Notamment chez le Gorille ; voyez Owen, *Anthropoid Apes* (*Trans. Zool. Soc.*, t. V, pl. 10, fig. 1).

(*d*) Voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 5, fig. 5 et 6.

minue, il arrive presque toujours que les doigts manquants sont représentés par des rudiments des os métacarpiens ou métatarsiens correspondants. Enfin, chez les Mammifères onguligrades, où le pied s'allonge extrêmement, cette disposition est due presque entièrement au grand développement de ces os, et les métatarsiens propres aux deux doigts principaux, ainsi que les métacarpiens correspondants, se soudent entre eux de façon à constituer une pièce unique appelée l'*os du canon*(1).

Les os du *carpe* et du *tarse* forment deux groupes ou rangées transversales. Ceux de la rangée inférieure sont affectés chacun à l'insertion de l'un des quatre premiers os métacarpiens ou métatarsiens, mais le dernier d'entre eux, qui paraît résulter de la fusion de deux pièces primordiales, donne aussi attache au doigt externe, de sorte que leur nombre maximum est de quatre seulement (2). Ceux du groupe supérieur, placés entre les précé-

(1) La duplicité primitive de l'os canon chez les Ruminants a été constatée il y a un siècle par Fougeroux, et observée plus récemment par plusieurs anatomistes (*a*). Elle persiste très-longtemps aux membres antérieurs chez les Traguliens du genre *Hyæmoschus* (*b*), et l'on en voit toujours des traces chez les autres Chevrotains (*c*). Chez les Chameaux, ces deux os, confondus entre eux dans la plus grande partie de leur longueur, restent écartés l'un de l'autre inférieurement (*d*).

Le canon du Cheval ne présente aucune trace de duplicité, et la plupart des anatomistes le considèrent comme ne représentant qu'un seul métacarpien, savoir, le médian (*e*).

Chez les Rongeurs du genre Gerboise, animaux sauteurs dont les pattes postérieures sont extrêmement allongées, ces organes sont pourvus aussi d'un os comparable au canon des Ruminants, mais d'une structure plus complexe, car il résulte de la soudure de trois os métatarsiens (*f*).

(2) Dans un cas tératologique observé récemment chez l'Homme, le nombre de ces os était de cinq, comme chez certains Reptiles (*g*).

(*a*) Fougeroux de Bondaroy, *Mém. sur le changement qu'éprouve l'os de la partie du pied de certains Quadrupèdes appelé le canon* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1772, p. 502, pl. 14 et 15).

(*b*) Alph. Milne Edwards, *Rech. sur les Chevrotains* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1864, t. II, pl. 11, fig, 1 *e*.

(*c*) *Ibid.*, pl. 4.

(*d*) Blainville, *Op. cit.*, t. IV, g. CAMELUS, pl. 5.

(*e*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 308.

(*f*) Flower, *op. cit.*, p. 315, fig. 1.

(*g*) Struthers, *Case of an additional Bone in the Human Carpus* (*Journ. of Anat. and Physiol.*, t. III, p. 354).

dents et le second segment du membre, c'est-à-dire la jambe ou l'avant-bras, sont en général moins nombreux, et offrent aussi dans leur mode d'arrangement moins de régularité. Il y en a trois principaux, qui d'ordinaire existent seuls aux membres postérieurs et souvent aux membres antérieurs ; on y trouve un ou deux carpiens accessoires. Pour désigner tous ces petits os, on a donné à chacun d'eux un nom particulier et ce nom diffère même suivant qu'ils appartiennent aux membres antérieurs ou aux membres postérieurs (1).

Les os tarsiens du groupe inférieur, ou rangée digitale, sont, en allant de dedans en dehors : le *cunéiforme interne*, le *cunéiforme moyen*, le *cunéiforme externe* et le *cuboïde*.

Leurs homologues dans la rangée inférieure des os carpiens sont : le *trapèze*, le *trapézoïde*, le *grand os* et le *cunéiforme*.

Le groupe supérieur des os tarsiens se compose : 1° de l'*astragale*, qui s'articule directement au tibia par le moyen d'une grosse poulie dirigée d'arrière en avant ; 2° du *calcanéum*, qui est solidement attaché à la face inférieure de l'astragale et qui se prolonge plus ou moins loin en arrière pour constituer le levier pédieux appelé *talon ;* 3° l'*os naviculaire* ou *scaphoïde*, qui se trouve placé au côté interne du cou-de-pied, entre l'astragale et les trois cunéiformes.

Les trois os principaux du groupe carpien supérieur, ou rangée brachiale du poignet, sont le *scaphoïde* ou *naviculaire*, le *semi-lunaire* et le *cunéiforme* ou *triquètre* (2). Souvent un quatrième os, appelé *intermédiaire* ou *central*, se place entre la rangée

(1) Ainsi, dans cette nomenclature fondée seulement sur la forme de ces pièces chez l'Homme, l'os cunéiforme carpien n'est pas le représentant de l'un des os cunéiformes tarsiens, mais l'homologue du cuboïde.

(2) Chez les Carnassiers, le scaphoïde et le semi-lunaire sont confondus entre eux. Il en est de même chez les Chéiroptères, et quelquefois chez ces derniers le cunéiforme s'unit aux osselets sus-mentionnés, de sorte que la rangée carpienne supérieure n'est représentée que par un seul os. Cette disposition existe chez les grandes Chauves-Souris frugivores, ou Roussettes.

transversale formée par ces trois pièces et la seconde rangée des os carpiens (1). Enfin deux os sésamoïdes très-accessoires peuvent se développer sur les côtés de cette portion du carpe. l'un, situé du côté externe ou cubital du poignet, est appelé *os pisiforme;* il acquiert quelquefois une importance considérable, car il peut s'allonger beaucoup et constituer ainsi une sorte de talon comparable à celui formé par le calcanéum au train d'arrière (2). Très-solidement liés entre eux par des ligaments, le scaphoïde, le semi-lunaire et le cunéiforme constituent la surface articulaire convexe et souvent très-large transversalement, par laquelle la main s'unit à l'avant-bras. Il est aussi à noter que le carpe est disposé de façon à constituer à la face palmaire du poignet une gouttière qui est transformée en canal par des ligaments transversaux, et qui livre passage aux tendons des muscles fléchisseurs des doigts, ainsi qu'aux nerfs, aux artères, etc., et protége ces parties molles contre les effets de la pression, lorsque le poignet pose sur le sol (3).

(1) Cet os central, qu'on peut considérer comme résultant d'un dédoublement du scaphoïde, existe chez tous les Singes (*a*), excepté les Chimpanzés (*b*) et le Gorille (*c*), où les os carpiens sont en même nombre que chez l'Homme. Tous les Lémuriens, à l'exception des Indrisiens, ont aussi un os central. Cette pièce carpienne existe aussi chez la plupart des Insectivores (*d*) et chez plusieurs Rongeurs (*e*), ainsi que chez le Daman (*f*); mais il manque chez les Cheiroptères, chez tous les Carnassiers, chez les Ongulés et chez les Marsupiaux.

(2) Par exemple chez les Hyènes (*g*) et les Ours (*h*).

(3) Chez les Lémuriens du genre des Pérodictiques, ce ligament, qui s'étend du prolongement postérieur du trapèze à l'os pisiforme, est ossifié (*i*).

(*a*) Par exemple chez l'Orang-outan ; voyez Mivart, *Contrib. towards a more complete Knowledge of the Skeleton of the Primates* (*Phil. Trans.*, 1867, pl. 14, fig. 2).

(*b*) Mivart, *loc. cit.*, pl. 14, fig. 1.

(*c*) Owen, *Osteol. Contrib. to the Nat. Hist. of the Anthropoid Apes* (*Trans. of the Zool. Soc.*, t. V, pl. 10, fig. 1).

(*d*) Par exemple chez la Taupe, le Tupaia, le Hérisson, le Tenrec. — Cet os manque chez les Galéopithèques, le Potamogale, le Chrysochlore et les Musaraignes.

(*e*) Par exemple les Lièvres, les Dasyproctes, l'*Hydrochærus*, le *Capromys* et le Castor.

(*f*) Voyez Cuvier, *Op. cit.*, t. IV, pl. 58, fig. 21.

(*g*) Voyez Blainville, *Op. cit.*, t. II, g. URSUS, pl. 11.

(*h*) Flower, *Osteol. of Mammalia*, p. 264, fig. 92.

(*i*) Mivart, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1867).

Quelquefois le carpe se complique davantage, ainsi que cela se voit chez la Taupe (1). Mais les particularités de cet ordre ne présentent guère d'intérêt que lorsqu'on les considère dans eurs relations avec les fonctions spéciales des membres, et par conséquent je ne m'y arrêterai pas ici, me proposant d'y revenir lorsque je traiterai des mouvements. Je me bornerai à ajouter que, par suite des diverses modifications dont je viens de parler, les membres des Mammifères peuvent affecter des formes très-différentes, et, sans avoir subi aucun changement dans leur plan essentiel, ils constituent ainsi tantôt des pieds ou des mains, tantôt des nageoires, et d'autres fois des ailes.

(1) Chez cet Animal, il se développe sur le bord interne du carpe un os sésamoïde radial très-grand, plat et falciforme, qui longe le métacarpe et augmente beaucoup la largeur de la main (a).

(a) Daubenton, *Descr. de la Taupe* (Buffon, *Hist. nat.*, QUADRUPÈDES, t. IV, pl. 158, fig. 8 et 9, édit. in-8°).

QUATRE-VINGT-DOUZIÈME LEÇON.

SQUELETTE DES OISEAUX, — des Reptiles, — des Batraciens, — des Poissons.

§ 1. — Dans la CLASSE DES OISEAUX, le squelette est remarquable par sa légèreté, ainsi que par la délicatesse et cependant la solidité de ses parties constitutives (1). Le premier de ces caractères dépend, comme nous l'avons vu précédemment, de la pénétration de l'air dans l'intérieur de la plupart des os, où ce fluide remplit les espaces occupés par la moelle et les liquides interstitiels chez les autres Vertébrés. Le second résulte de la compacité de la substance osseuse (2) et de la soudure précoce de beaucoup des pièces qui ailleurs restent distinctes entre elles ou ne s'ankylosent que dans la vieillesse extrême. Squelette des Oiseaux

Cette dernière disposition est particulièrement prononcée dans la boîte crânienne. Les os qui constituent celle-ci ne sont Crâne.

(1) L'ostéologie des Oiseaux a été traitée d'une manière plus ou moins étendue dans tous les ouvrages généraux d'anatomie comparée, tels que ceux de Cuvier, de Meckel, de Stannius et Siebold, d'Owen; elle a été aussi l'objet de plusieurs publications spéciales, parmi lesquelles je citerai en première ligne les ouvrages suivants (*a*).

(2) La substance osseuse des Oiseaux est moins fibreuse et plus lamelleuse que chez les autres Vertébrés.

(*a*) Dalton, *Skelete der Straussartigen Vögel*, 1827. — *Skelete der Raubvögel*, 1838.
— Brandt, *Beiträge zur Kenntniss der Naturgesch. der Vögel* (*Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 6e série, 1839).
— Gurlt, *Anat. der Hausvögel*, 1848.
— Eyton, *Ornithologia Avium*, 2 vol. in-4°, avec supplément, 1867.
— Alph. Milne Edwards, *Rech. anat. et paléont. pour servir à l'histoire des Oiseaux fossiles*, 2 vol. in-4° et atlas de 200 planches.
— Kessler, *Osteol. der Vögelfüsse* (*Bull. de la Soc. des naturalistes de Moscou*, 1831).
— Frémery, *Specimen zoologicum sistens observ. præsertim osteologicas de Casuario Novæ-Hollandiæ*, 1819
— Van der Hoeven, *Annot. de Dromade Ardeola* (*Acad.*, t. XXXIII).
— Owen, *Descr. of the Skeleton of the great Hauk* (*Trans. Zool. Soc.*, t. V).
— Parker, *On the Osteol. of Gallinaceous Birds and Tinamous* (*Trans. Zool. Soc.*, t. V, 1866).
— *On the Shoulder-girdle and Sternum* (*Roy. Soc.*, 1868).

séparés entre eux par des sutures que dans le très-jeune âge, et de très-bonne heure leur union devient si intime, qu'ils ne semblent être représentés que par un os unique (1). Il importe également de noter que l'os tympanique n'entre pas dans sa composition, et constitue de chaque côté de la tête un levier à l'extrémité inférieure duquel s'articule la mandibule inférieure. On désigne communément cette pièce sous le nom d'*os carré*.

Un autre caractère anatomique par lequel la tête des Oiseaux se distingue de celle des Mammifères nous est fourni par le mode d'articulation du crâne avec la colonne vertébrale. Au lieu de s'effectuer au moyen d'une paire de condyles situés sur les côtés du trou occipital, cette articulation se fait à l'aide d'un tubercule unique placé sur la ligne médiane, au bord antérieur de l'ouverture dont je viens de parler (2).

(1) Cette fusion des os crâniens en rend la détermination fort difficile, à moins d'en faire l'étude chez de très-jeunes individus (*a*). Elle a lieu moins rapidement chez les Oiseaux qui ne volent pas (l'Autruche, par exemple) que chez les espèces ordinaires. M. Parker a publié récemment un travail très-approfondi sur le développement de la charpente osseuse de la tête chez les Struthioniens (*b*).

(2) Le condyle occipital des Oiseaux est tantôt presque hémisphérique (*c*), d'autres fois plus ou moins allongé transversalement (*d*) ou faiblement bilobé (*e*). En général il est sessile, mais chez le *Dinornis* il est pédonculé (*f*). Au devant de ce tubercule se trouve une petite fosse médiane, destinée à recevoir le corps de l'atlas pendant la flexion de la tête.

Les autres particularités que nous offre le crâne des Oiseaux sont peu importantes. En général, on distingue au milieu de la région occipitale une saillie qui correspond au cervelet, et qui est appelée *protubérance cérébelleuse*. Souvent une fontanelle ou un pertuis se trouve de chaque côté de cette protubérance. En dessus, la ré-

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Consid. sur les pièces de la tête osseuse des Animaux vertébrés, et particulièrement sur celles du crâne des Oiseaux* (*Ann. du Muséum*, 1807, t. X, p. 342).

(*b*) Parker, *On the Structure and the Development of the Skull in the Ostrich Tribe* (*Philos. Trans.*, 1866, p. 113).

(*c*) Par exemple chez l'Autruche : voyez Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 44, fig. 27.
— Chez les Perroquets; voy. Alph. Milne Edwards, *Oiseaux foss.*, t. II, pl. 199, fig. 6 et 7, etc.

(*d*) Par exemple chez le Canard milouin (*Op. cit.*, pl. 20, fig. 21).

(*e*) Par exemple chez l'Aigle (*loc. cit.*, t. I, pl. 6, fig. 7 et 8); — le Lophophore (*loc. cit.*, t. II, pl. 122, fig. 9 et 10).

(*f*) Owen, *On Dinornis* (*Trans. Zool. Soc.*, t. IV, pl. 24, fig. 2).

Os de la face.

Les os de la face, loin d'être solidement engrenés entre eux et d'avoir la fixité dont ils jouissent chez les Mammifères, sont faiblement unis au crâne et conservent souvent une certaine mobilité(1). Ainsi, chez beaucoup d'Oiseaux, le bec ou mâchoire supérieure ne s'unit au front que par une suture transversale, ou en s'y soudant présente à son bord supérieur assez de flexibilité pour permettre quelques mouvements ; et ceux-ci peuvent être déterminés par le jeu des os tympaniques et des pièces de la région palatine, qui sont disposées en manière d'arc-boutants entre ces deux parties (2) et qui prennent parfois un développement énorme(3). La plus grande partie du bec est constituée par les os intermaxillaires, qui de très-bonne heure se confondent entre eux sur la ligne médiane, de façon à constituer une pièce médiane unique. Quelquefois la région frontale est

gion occipitale est en général limitée par une crête arquée qui devient parfois très-saillante (*a*). Enfin, chez le Cormoran, elle donne insertion à un os styliforme qui descend derrière la partie supérieure de la colonne vertébrale et donne insertion aux muscles élévateurs de la tête (*b*).

(1) On doit à Hérissant des observations intéressantes sur la structure de la charpente osseuse du bec des Oiseaux (*c*). Mais Geoffroy Saint-Hilaire fut le premier à bien déterminer les principales homologies des os de la face de ces animaux (*d*). Le même sujet a été traité ensuite par Oken, Spix et quelques autres anatomistes, notamment M. Parker.

(2) Voyez tome VI, page 40, note 1.

(3) Par exemple chez les Toucans (*e*) et chez les Calaos ; mais le poids du bec n'en est que peu augmenté, car cette partie de la face est alors creusée d'une multitude de cellules pneumatiques dont les parois sont très-minces.

(*a*) Par exemple chez le Héron ; voyez Alph. Milne Edwards, *Op. cit.*, pl. 95, fig. 11 et 12.

(*b*) Brandt, *Osteol. der Vögel* (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 6e série, t. V, pl. 3).

(*c*) Hérissant, *Observ. anat. sur les mouvements du bec des Oiseaux* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1748, p. 345, pl. 16 à 23).

(*d*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Op. cit.* (*Ann. du Muséum*, t. X). — *De l'os carré* (*Mém. du Muséum*, 1821, t. VII).

— Oken, *Op. cit.* (*Isis*, 1818, p. 283).

— Spix, *Cephalogenesis*, p. 24, pl. 4, fig. 1-10, et pl. 8.

— Owen, *Op. cit.*, t. II.

— Huxley, *Elements of Comp. Anat.*, p. 130 et suiv., fig. 57.

— Parker, *On the Structure and Development of the Skull in the Ostrich Tribe* (*Phil. Trans.*, 1846, p. 113, pl. 7-15).

(*e*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, fig. 53.

surmontée d'une protubérance osseuse dont l'intérieur est cellulaire (1). Les os nasaux sont également très-développés, tandis que les os maxillaires sont fort réduits et ne jouent un rôle important que dans la composition de la voûte palatine (2) et de l'arcade jugale, longue et grêle, qui de chaque côté de la tête va s'appuyer sur l'extrémité de l'os tympanique. Une seconde paire de branches osseuses située en dedans des précédentes, et constituée par les os ptérygoïdiens, s'étend également de la partie postérieure de la voûte du palais à la partie crânienne des tympaniques (3).

Les fosses orbitaires sont grandes, elles communiquent largement avec les fosses temporales; elles manquent de plancher osseux, et elles ne sont séparées entre elles que par une lame osseuse très-mince, dont le milieu reste en général à l'état membraneux. Cette cloison, formée en grande partie par l'ethmoïde, repose sur une espèce de quille constituée par le vomer en avant et par un prolongement rostriforme du présphénoïde en arrière.

La mâchoire inférieure se compose, dans le jeune âge, de cinq paires de pièces, dont les deux premières se confondent de bonne heure entre elles pour constituer une sorte de fourche appelée l'os dentaire, et dont les autres sont désignées sous les noms d'angulaire, de surangulaire, d'articulaire et de sphénal ou operculaire; mais, à l'âge adulte, ces parties sont unies si

(1) Par exemple chez le Casoar à casque (a) et chez l'*Oreophasis* (b). Chez beaucoup d'autres Oiseaux, l'espace compris entre les deux tables des os de la voûte fronto-crânienne est fort grand et également cellulaire (c).

(2) La portion postérieure de cette voûte est formée comme d'ordinaire par les os palatins.

(3) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai au mémoire de M. Parker sur la tête osseuse des Struthioniens (*Philos. Trans.*, 1866).

(a) Dalton, *Skelete der Straussvögel*, pl. 6, fig. a.
(b) Eyton, *Osteol. Avium*, pl. 4 H.
(c) Exemple : le Hibou ; voy. Dalton, *Skelete der Raubvögel*, pl. 1, fig. 6.

intimement entre elles, qu'en général on n'aperçoit aucune trace de leur séparation primitive (1). La pièce unique en forme de V constituée de la sorte présente en dessus, près de l'extrémité postérieure de chacune de ses branches, une cavité articulaire dite *cotyloïdienne*, qui reçoit la tête de l'os tympanique. L'angle ou extrémité postérieure de ces branches se prolonge plus ou moins loin en arrière de cette jointure, et en général on remarque en dedans de sa base une apophyse crochue qui est rattachée à l'os ptérygoïdien correspondant et consolide ainsi l'articulation (2).

J'ai déjà eu l'occasion de décrire l'appareil hyoïdien des Oiseaux (3), et son rôle dans la constitution du squelette n'a pas assez d'importance pour qu'on en traite plus longuement ici. Hyoïde.

§ 2. — La colonne vertébrale présente chez les Oiseaux plusieurs particularités dont il nous est indispensable de tenir compte. Dans sa portion moyenne, qui constitue les régions dorsale et sacrée (4), elle ne permet presque aucun mouvement, mais sa portion cervicale, toujours très-longue, jouit d'une mobilité fort grande. Le nombre des vertèbres du cou est loin d'avoir le degré de constance que nous avons remarqué dans la classe des Mammifères; le plus ordinairement il est de treize ou quatorze, mais parfois il tombe à dix, chez le Gorfou par exemple, et il peut s'élever jusqu'à vingt-trois, ainsi que cela se voit chez le Cygne à bec noir (5). Ces os Colonne vertébrale.

(1) Voyez tome VI, page 47.

(2) Elle a été désignée sous le nom d'*apophyse articulaire interne* (a).

(3) Voyez tome VI, page 65 et suiv.

(4) On ne distingue pas de région lombaire chez les Oiseaux.

(5) Chez les Oiseaux de proie et les Passereaux, il y a en général 13 vertèbres cervicales; quelquefois 12 seulement et très-rarement 14 ou 15.

Chez les Gallinacés, on en compte presque toujours 14.

Chez les Échassiers, il y en a souvent davantage par exemple : chez le Casoar de la Nouvelle-Hollande, la Grue commune, le Héron et le Fla-

(a) Par exemple chez l'Aigle ; voyez A. Milne Edwards, *Op. cit.*, pl. 6, fig. 9.

s'articulent entre eux, non par des surfaces presque planes, comme chez les Mammifères, mais par des poulies qui permettent des mouvements très-étendus (1), et la disposition de ces jointures est telle, que dans la partie supérieure la flexion se fait en avant, tandis qu'inférieurement elle se fait en arrière, ce qui permet à l'ensemble de la tige cervicale d'affecter la forme d'une S et de s'allonger ou de se raccourcir beaucoup à la volonté de l'animal. Enfin ces vertèbres peuvent aussi s'incliner latéralement les unes sur les autres. Leur apophyse épineuse est peu développée et affecte la forme d'une crête; les apophyses transverses sont grosses, courtes, et le trou qui les traverse à leur base est complété par une pièce costale styliforme, plus ou moins allongée. L'atlas et l'axis s'articulent entre eux à peu près comme chez les Mammifères; mais le premier de ces os ne présente en avant qu'une seule fossette glénoïde au lieu de deux, mode de conformation qui est en harmonie avec la disposition de l'occipital dont j'ai fait mention précédemment (2). Enfin les vertèbres de la portion postérieure du cou présentent souvent en dessous une paire de crêtes qui parfois se rencontrent sur

mant 17; chez l'Autruche 18, et chez la Grue couronnée 19.

C'est chez les Oiseaux d'eau que l'on rencontre les variations les plus grandes.

(1) A l'exception des deux premières vertèbres cervicales, ces os s'articulent entre eux par des surfaces qui sont concaves suivant l'un de leurs diamètres, et convexes suivant le diamètre opposé, et cette disposition étant inverse sur les deux surfaces en rapport l'une avec l'autre, celles-ci s'emboîtent mutuellement et constituent un ginglyme. La surface articulaire antérieure (ou supérieure) est très-concave transversalement et plus ou moins convexe de haut en bas (ou d'arrière en avant), tandis que la surface postérieure présente une disposition inverse. Ces surfaces sont revêtues d'une lame cartilagineuse mince et lisse. Leurs ligaments présentent dans leur disposition plusieurs particularités (a).

(2) Voyez ci-dessus, page 374.

(a) Borchardt, *Nonnulla de ligamentorum columnæ spinalis comparatione inter Aves et Mammalia* (dissert. inaug.). Berlin, 1833.

la ligne médiane par leur bord inférieur, de façon à circonscrire un canal sous-vertébral.

Les vertèbres dorsales sont presque toujours au nombre de sept ou huit, quelquefois de neuf, de dix ou même de onze (1). Elles se soudent toujours plus ou moins complétement entre elles, et souvent elles s'unissent de la même manière avec le sacrum ; de sorte que la totalité de la portion moyenne du rachis comprise entre la base du cou et l'origine de la queue constitue une tige inflexible. L'ankylose des vertèbres dorsales se fait souvent dans les points de rencontre des apophyses épineuses, qui sont très-développées longitudinalement, et constituent ainsi sur la ligne médiane une crête lamelleuse continue. Cette soudure peut avoir lieu aussi entre les cycléaux, entre l'extrémité des apophyses transverses et même entre les apophyses épineuses inférieures qui garnissent en dessous les premières vertèbres dorsales. Enfin, toutes ces vertèbres présentent de chaque côté deux facettes articulaires costales situées, l'une sur le côté du corps de la vertèbre correspondante, près de la base de l'apophyse transverse, l'autre un peu plus haut sur ce prolongement osseux.

§ 3.— Les côtes dorsales, qui s'articulent ainsi à la colonne rachidienne, présentent à cet effet deux têtes bien distinctes ; dans le reste de leur étendue elles sont très-comprimées latéralement, et dans la portion moyenne du thorax chacune d'elles donne naissance à une apophyse récurrente lamelleuse qui va s'appuyer sur la face externe de la côte suivante et augmente beaucoup la solidité des parois de la poitrine (2). En général, les côtes des Côtes.

(1) On en compte 11 chez le Casoar à casque et le Cygne, 10 chez le Casoar de la Nouvelle-Hollande, la Grue commune, l'Oie et plusieurs autres Oiseaux aquatiques. Chez les Rapaces divers le nombre dominant est 8, et chez les Passereaux il est presque toujours de 7.

(2) Dans le jeune âge cette pièce est distincte et parfois elle reste toujours libre, par exemple chez les Manchots et les Pingouins. Elle manque sur les parties antérieure et postérieure du thorax.

deux premières paires sont libres à leur extrémité inférieure, mais les autres s'articulent sous un angle plus ou moins aigu avec les *côtes sternales*, et celles-ci, au lieu d'être cartilagineuses, comme chez presque tous les Mammifères, sont complétement ossifiées, et à l'exception des dernières, elles s'articulent au bord latéral du sternum par leur extrémité inférieure, qui est élargie.

Sternum. § 4. — Le sternum est très-grand; il a ordinairement la forme d'un bouclier à peu près quadrilatère, et en général il présente à sa face inférieure une grande crête ou carène médiane appelée *brechet*, qui est très-élevée à sa partie antérieure et diminue peu à peu de hauteur vers son extrémité postérieure. Chez les Oiseaux qui ne volent pas, l'Autruche et les Casoars par exemple, cette crête longitudinale manque complétement ou se trouve très-réduite (1). Ainsi que nous le verrons bientôt, son angle antéro-inférieur s'articule avec la pointe de la fourche formée par les clavicules, et de chaque côté son bord antérieur est creusé d'une cavité articulaire où s'engage l'extrémité inférieure de l'os coracoïdien. Enfin, le bord postérieur du bouclier sternal est presque toujours échancré plus ou moins profondément ou percé de trous qui tiennent lieu de ces découpures, et souvent les branches

(1) Chez l'Autruche, le sternum est très-petit comparativement au volume du corps, et a la forme d'un petit plastron bombé dépourvu de toute trace de carène médiane (*a*). Sa conformation est à peu près la même chez le *Dinornis* (*b*) et chez l'*Apteryx*, où il présente de chaque côté un pertuis (*c*). Le brechet manque également chez le Nandou, mais la ligne médiane est anguleuse (*d*).

Chez le *Notornis*, il y a des vestiges d'un brechet, mais le sternum est extrêmement étroit et excavé en avant (*e*).

Chez les Oiseaux-Mouches, le brechet est au contraire énormément développé (*f*).

(*a*) Voyez Dalton, *Die Skelete der Straussartigen Vögel*, pl. 1 et 7, fig. 9.
(*b*) Owen, *On Dinornis* (*Trans. Zool. Soc.*, t. VII, pl. 8).
(*c*) Owen, *On the Anat. of the Southern Apteryx* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 55, fig. 2).
(*d*) Voyez Dalton, *op. cit.*, pl. 6, fig. 1.
(*e*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 24, fig. 16.
(*f*) Eyton, *Osteologia Avium*, pl. 1 A *bis*, fig. 1 et 5.
— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, fig. 18.

latérales qui limitent en dehors ces échancrures sont constituées par des pièces osseuses distinctes. Dans le jeune âge, le sternum est toujours composé de plusieurs os unis entre eux par des cartilages seulement ; mais ces pièces ne sont pas disposées en série linéaire comme chez la plupart des Mammifères (1). Les détails de sa conformation varient beaucoup dans les divers groupes ornithologiques et fournissent d'utiles caractères pour l'appréciation des affinités naturelles (2). Il est aussi à noter que parfois sa partie antéro-médiane est creusée d'une cavité plus ou moins profonde où se loge une anse de la trachée-artère (3).

(1) D'après Geoffroy Saint-Hilaire, le sternum des Oiseaux serait toujours composé de cinq os principaux, savoir : un *entosternal*, qui en constitue la majeure partie et forme le brechet ; une paire d'*hyosternaux*, qui en occupent les angles latéro-antérieurs, et une paire d'*hyposternaux* situés en arrière et sur les côtés ; parfois il y a aussi en avant et sur la ligne médiane un os, que cet auteur appelle un *épisternal*, et en arrière une ou deux pièces dites *xiphosternales* (*a*). Mais les observations relatives au mode de développement de ce grand bouclier thoracique montrent qu'il existe à cet égard moins d'uniformité que Geoffroy Saint-Hilaire ne le supposait, et que même il n'y a souvent qu'une seule paire de pièces sternales (*b*).

(2) Voyez tome II, page 284.

(3) Les faits de cet ordre sont étrangers à l'objet principal de ces Leçons, et par conséquent je me borne à citer les principales sources où il faut puiser pour en faire l'étude (*c*).

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, t. I, p. 135, pl. 2, fig. 15-17.

(*b*) Cuvier, *Mém. sur les progrès de l'ossification dans le sternum des Oiseaux* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1831, t. XXV, p. 260).

— Geoffroy, *Mém. sur les observations de Cuvier au sujet du sternum des Oiseaux* (*Ann. des sciences nat.*, 1832, t. XXVII, p. 189).

— Lherminier, *Rech. sur la marche de l'ossification dans le sternum des Oiseaux* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1836, t. VI, p. 107).

— Harting, *L'appareil épisternal des Oiseaux* (*Mém. de la Soc. d'Utrecht*, 1864).

— Parker, *On the Shoulder-girdle and Sternum*, p. 142 et suiv., pl. 13-17 (*Ray. Soc.*, 1868).

(*c*) Blainville, *Mém. sur l'emploi de la forme du sternum et de ses annexes pour la confirmation ou l'établissement des familles naturelles parmi les Oiseaux* (*Journ. de physique*, 1821, t. XLII, p. 18).

— Lherminier, *Rech. sur l'appareil sternal des Oiseaux* (*Ann. de la Soc. Linnéenne de Paris*, 1827, t. III).

— Berthold, *Das Brustbein der Vögel* (*Beitr. zur Anat., Zool. und Physiol.*, 1831, p. 105).

— Gervais, *Remarques sur les caractères que l'on peut tirer du sternum* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1856, t. VI, p. 5).

— Blanchard, *Rech. sur les caractères ostéologiques des Oiseaux appliqués à la classif. nat. de ces Animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1859, t. XI, p. 31).

— Alph. Milne Edwards, *Rech. anat. et paléontol. pour servir à l'hist. des Oiseaux fossiles*, 1867-71).

— Eyton, *Osteologia Avium*, 2e partie, pl. 1 à 10.

Bassin.

§ 5. — Le *bassin* est extrêmement développé, et souvent il envahit même la portion postérieure de la série dorsale des vertèbres (1); mais il ne forme que très-rarement une ceinture osseuse complète, ainsi que cela a lieu d'ordinaire chez les Mammifères, car presque toujours les os pubiens restent écartés entre eux à leur extrémité inférieure (2). Il est très-largement ouvert en dessous, et par sa forme générale il ressemble beaucoup à un bateau renversé dont la quille serait dirigée en haut et en arrière. Le sacrum se compose d'un grand nombre de vertèbres qui sont distinctes entre elles primitivement, mais qui s'unissent d'une manière si intime par les progrès de l'âge, qu'à l'état adulte il est souvent difficile de les compter. Chez les Autruches et les Casoars, environ vingt vertèbres pelviennes s'ankylosent de la sorte; ce nombre descend à dix-sept chez les Canards, à quinze chez les Gallinacés, et se réduit à neuf chez le Martinet, l'Oiseau-Mouche, la Huppe, etc. (3). Leurs apophyses épineuses se confondent pour former, sur la ligne médiane, une crête lamelleuse plus ou moins prononcée, et les lames latérales correspondantes aux apophyses transverses, en restant écartées entre elles dans leur portion moyenne, tandis qu'elles se confondent vers leur extrémité, circonscrivent ordinairement, de chaque côté de cette partie médiane, une série de trous tantôt fort grands, d'autres fois très-étroits. Ces pertuis restent à découvert dans la région pelvienne postérieure, mais ils disparaissent dans la partie antérieure du bassin, où

(1) Les vertèbres dorsales qui se soudent ainsi aux os iliaques par l'extrémité de leurs apophyses transverses sont reconnaissables aux côtes qui s'y articulent comme d'ordinaire : par exemple chez l'*Aptéryx* (*a*).

(2) Chez les Autruches, les os du pubis se réunissent sur la ligne médiane (*b*).

(3) Cuvier a donné un tableau numérique des vertèbres de chaque région du rachis chez beaucoup d'Oiseaux (*c*).

(*a*) Blanchard, *Organisation du Règne animal* : OISEAUX HOMALOSTERNIENS, pl. 2, fig. 7.
(*b*) Voyez Dalton, *Op. cit.*, pl. 7, fig. *h*.
(*c*) Cuvier, *Anat. comp.*, 2ᵉ édit., t. I, p. 209.

les os iliaques se prolongent presque toujours en manière de toit au-dessus de la partie correspondante du sacrum et se rencontrent sur la ligne médiane (1). La limite postérieure de la série des vertèbres pelviennes est souvent difficile à préciser, car avec l'âge la soudure de ces os envahit de plus en plus la série des vertèbres qui primitivement appartiennent à la queue. La charpente solide de cet appendice terminal se trouve ainsi fortement réduite chez tous les Oiseaux de la période actuelle ; mais, chez un représentant de la même classe qui vivait à la période jurassique, et que les paléontologistes appellent *Archeopteryx*, il en fut autrement, et la queue, longue et grêle, se composait d'environ vingt vertèbres (2). Quelquefois elle est styliforme vers le bout, mais presque toujours le dernier os coccygien est beaucoup plus grand que les autres et comparable par sa forme à un soc de charrue (3).

Les os iliaques, qui constituent les parties latérales du bassin, sont très-grands et surtout fort allongés ; leur portion antérieure, très-inclinée et un peu concave, constitue les fosses iliaques externes, et leur portion postérieure, tantôt bombée, tantôt ployée longitudinalement, de façon à former deux pans obliques, s'étend fort loin en arrière (4). La cavité cotyloïde, dirigée en

(1) Pour plus de détails sur la conformation du sacrum, je renvoie aux ouvrages spéciaux relatifs à l'ostéologie des Oiseaux (a).

(2) La queue de cet Oiseau ressemble beaucoup à celle d'un Reptile; elle est atténuée graduellement vers le bout (b) et garnie de grandes plumes latéralement.

(3) Chez les Pics, qui se servent de leur queue comme arc-boutant lorsqu'ils grimpent aux arbres, cet os est très-élargi, et les apophyses transverses des autres vertèbres coccygiennes sont développées d'une manière remarquable (c).

(4) En général, les os iliaques s'unissent au sacrum dans toute l'étendue de leur bord interne, et constituent ainsi avec la portion postérieure de

(a) Alph. Milne Edwards, *Oiseaux fossiles*, t. I, p. 38.
— Eyton, *Osteologia Avium*.
— Voyez aussi Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 29 et suiv.
(b) Owen, *On the Archeopteryx of von Meyer* (*Phil. Trans.*, 1863, pl. 1 et pl. 4, fig. 7 et 8).
(c) Blanchard, *Organisation du Règne animal*, OISEAUX, pl. 17, fig. 28.

dehors et toujours perforée au fond, est située près du point de rencontre de ces deux portions de l'iléon, et la partie inférieure de son contour se trouve constituée par l'extrémité antérieure de l'ischion. Cette dernière pièce, longue et peu élargie, se dirige en arrière parallèlement au bord de la portion postérieure de l'os iliaque et y laisse un grand espace vide, qui tantôt reste ouvert postérieurement, et forme par conséquent une vaste échancrure ischiatique, d'autres fois se convertit en trou par la rencontre de l'extrémité de cette pièce osseuse avec la partie correspondante de l'iliaque (1). Quant aux os pubiens, ils sont en général réduits à la forme de baguettes grêles qui, par leur extrémité antérieure, se soudent aux os iliaques, près de la cavité cotyloïde, et se dirigent en arrière, puis se recourbent en dedans ; chemin faisant, ils se joignent au bord inférieur des os ischiatiques et circonscrivent ainsi en dessous le trou obturateur (2). Enfin leur portion terminale représente l'arcade du

celui-ci, situé en arrière des cavités cotyloïdes, un grand bouclier pelvien plus ou moins continu (*a*) ; mais quelquefois il y a de chaque côté un grand espace vide entre la partie postérieure des iliaques et la portion correspondante du rachis, qui, alors, semble appartenir à la queue plutôt qu'au sacrum : par exemple chez l'Autruche (*b*).

(1) Ce mode d'organisation est le plus commun. L'autre disposition est portée très-loin chez l'Aptéryx (*c*), ainsi que chez l'Autruche (*d*) et les Tinamous (*e*). Le trou sciatique est très-grand chez le Nandou (*f*), le Casoar à casque (*g*), et même chez les Canards (*h*). Il est au contraire fort réduit chez les Aigles (*i*), etc.

(2) Une traverse osseuse divise souvent cet espace en deux, et alors on réserve le nom de *trou obturateur* au pertuis postérieur, et l'on appelle *trou ovalaire* l'ouverture antérieure (*j*).

(*a*) Par exemple chez l'Aigle ; voy. Alph. Milne Edwards, *Op. cit.*, t. I, pl. 2, fig. 1, 2 et 3.
(*b*) Voyez Eyton, *Op. cit.*, pl. 23.
(*c*) Owen, *On the Southern Apteryx* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 54 et 55).
— Blanchard, *Organisation du Règne animal* : OISEAUX HOMALOSTERNIENS, pl. 1.
(*d*) Dalton, *Op. cit.*, pl. 1.
— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, fig. 24.
(*e*) Parker, *On the Osteology of Gallinaceous Birds and Tinamous* (*Trans. Zool. Soc.*, t. V, pl. 39).
(*f*) Dalton, *Op. cit.*, pl. 2.
(*g*) Idem, *Op. cit.*, pl. 3.
(*h*) Alph. Milne Edwards, *Op. cit.*, t. I, pl. 11, pl. 15, fig. 13-16, etc.
(*i*) Idem, *Op. cit.*, t. I, pl. 2, fig. 1.
(*j*) Idem, *Op. cit.*, t. I, p. 41.

pubis; mais, ainsi que je l'ai déjà dit, ils restent en général très-écartés l'un de l'autre, et ne se réunissent sur la ligne médiane que chez l'Autruche et un petit nombre d'autres Oiseaux.

§ 6. — Les principales particularités que nous présente la charpente osseuse des membres pelviens chez les Oiseaux dépendent du mode de conformation du pied. Le fémur et les os de la jambe n'offrent rien d'important à noter, si ce n'est l'état souvent rudimentaire du péroné et la disposition des surfaces articulaires de l'extrémité inférieure du tibia, qui constituent deux poulies séparées par une gorge profonde et assez semblables par leur forme à celles de l'extrémité inférieure du fémur (1). Chez quelques Oiseaux, cette articulation est disposée de façon à nécessiter un effort musculaire pour ployer le pied sur la jambe, lorsque l'extension du membre est complète (2). Pattes.

La portion postdigitale du pied n'est représentée que par un seul os appelé *métatarsien*, ou *os canon*, qui résulte de la soudure de trois pièces métatarsiennes, et d'une pièce épiphysaire supérieure qui semble tenir lieu de tarse (3). A leur

(1) La portion postérieure de cette *gorge intercondyloïdienne* s'articule avec une pièce ordinairement cartilagineuse, mais quelquefois osseuse, qui, à raison de sa forme et de ses fonctions, rappelle la rotule du genou, mais représente en réalité le talon.

(2) On doit à M. Langer des recherches approfondies sur la forme des surfaces articulaires et la structure de la jointure de la patte des Oiseaux (*a*).

(3) Ces trois os métatarsiens, allongés et placés à peu près parallèlement entre eux, sont parfois distincts chez l'embryon et même chez l'Oiseau nouveau-né : chez l'Autruche, par exemple (*b*). Quelquefois aussi on distingue des traces de leur soudure chez l'adulte (*c*), et très-souvent ils laissent entre eux un ou deux méats ou espaces vides, appelés le *pertuis supérieur* et le *pertuis inférieur* (*d*).

(*a*) Langer, *Ueber encongruente Charnier-Gelenke* (*Sitzungsber. der Akad. der Wissensch.*, Wien, 1858, t. XXVII, p. 185). — *Ueber die Fussgelenke der Vögel* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, 1859).

(*b*) H. C. Heer, *De ossium concretione normali et morbosa* (Diss. inaug.). Breslau, 1836, pl. 1 et 2).

(*c*) Par exemple chez les Apténodytes et les Sphénisques.

(*d*) Par exemple chez l'Aigle (*Op. cit.*, pl. 3, fig. 2).

extrémité inférieure ces trois os métatarsiens ankylosés s'écartent ordinairement entre eux, de façon à former autant de têtes articulaires distinctes et disposées en forme de poulies digitifères. Cet os du pied présente d'ailleurs une multitude de variations dans les détails de sa structure, et fournit ainsi des caractères précieux pour la détermination des espèces éteintes dont on trouve des débris fossiles dans divers dépôts géologiques (1). Mais les faits de cet ordre ne doivent pas nous arrêter ici.

Les doigts ne sont jamais au nombre de plus de quatre et sont parfois réduits à trois, comme chez le Nandou, ou même à deux, comme chez l'Autruche d'Afrique. Le doigt interne, ou pouce, est celui qui manque le plus souvent ; en général, il est rejeté en arrière et articulé plus haut que ses congénères, à un petit os styliforme qui représente un quatrième métatarsien, et se trouve simplement appliqué contre l'os canon à l'aide de ligaments. Le doigt externe peut aussi faire défaut, et quelquefois il se renverse en arrière de façon à former avec l'antépénultième doigt une pince à deux branches (2) ; mais, de même que ce dernier, il s'articule directement au canon. Il est

(1) Les recherches récentes de mon fils, M. Alph. Milne Edwards, montrent tout le parti que l'on peut tirer de ces caractères pour la paléontologie ostéologique (voy. *Recherches pour servir à l'histoire des Oiseaux fossiles*, 4 volumes in-4°, Paris, 1867-1870).

(2) Chez les Oiseaux de proie nocturnes, ce renversement du quatrième doigt en arrière est facultatif ; mais chez les Perroquets et les autres Grimpeurs, il est permanent, de façon que deux doigts seulement sont dirigés en avant.

Il est aussi à noter que chez les Pélicans, les Cormorans et les autres Oiseaux nageurs de la famille des Totipalmes, les quatre doigts sont dirigés en avant et renfermés dans une même membrane. Une disposition analogue existe chez les très-jeunes embryons d'autres Oiseaux, dont les doigts deviennent plus tard libres et dirigés comme d'ordinaire : un en arrière, les trois autres en avant (*a*).

(*a*) Agassiz, *On the Structure of the Foot in the embryo of Birds* (*Proceed. Boston Soc. Nat. Hist.*, 1848, t. III, p. 42).

aussi à noter que presque toujours le nombre des phalanges augmente régulièrement de dedans en dehors; le pouce en ayant deux seulement, le doigt antéro-interne trois, le doigt médius quatre, et le doigt externe cinq.

Appareil scapulaire.

§ 7. — L'appareil scapulaire des Oiseaux ordinaires est très-développé, et se compose presque toujours de trois pièces dont l'importance est considérable : le *scapulaire*, le *coracoïdien*, ou clavicule postérieure, et la *clavicule* proprement dite, ou os furculaire. Chez les espèces qui sont privées de la faculté de voler, il est plus ou moins réduit et chez le *Dinornis*, il n'existe même qu'à l'état rudimentaire (1).

Le scapulaire, ou omoplate, reste distinct, ou ne se soude que très-tardivement aux autres pièces dont je viens de parler (2). Il est allongé, presque toujours fort étroit (3) et renflé à son extrémité antérieure, où se trouvent trois tubercules, dont l'un tourné en dehors, concourt à la formation de la cavité glénoïdale, où s'articule la tête de l'humérus; dont le second, dirigé en avant, s'unit au coracoïdien, et dont le troisième, plus fort que le précédent, donne attache à la clavicule furculaire.

Les coracoïdiens sont en général fort robustes, et constituent de chaque côté de la base du cou un arc-boutant solide placé obliquement entre l'articulation scapulo-humérale et le bord antérieur du sternum, à peu près comme nous l'avons vu chez les Monotrèmes ; son extrémité supérieure entre largement dans la constitution de la cavité glénoïde et s'articule avec la clavicule, ainsi qu'avec le scapulum.

(1) Chez les *Dinornis*, qui paraissent avoir été des Oiseaux complétement aptères, la cavité glénoïdale manque et est remplacée par une petite crête (*a*).

(2) Cette ankylose entre le scapulum et le coracoïdien a lieu chez les Autruches et les Casoars.

(3) La portion postérieure s'élargit beaucoup chez les Manchots et les Gorfous (*b*).

(*a*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 65.
(*b*) Voyez Eyton, *Op. cit.*, pl. 4 L.

Les deux clavicules proprement dites sont presque toujours confondues entre elles à leur extrémité inférieure, de façon à constituer une fourche à deux branches, ou un os unique en forme d'U dont les pointes supérieures s'articulent, comme je viens de le dire, avec la tête des deux omoplates, et dont la pointe ou portion médiane va s'appuyer sur l'extrémité antérieure du brechet ou corne médiane du sternum, ou du moins s'en rapproche beaucoup. Quelquefois la pointe de cette fourchette claviculaire se soude au sternum, par exemple chez les Pélicans, les Frégates et les Grues (1). Chez les Oiseaux qui sont incapables de voler, les clavicules furculaires peuvent manquer plus ou moins complétement (2), et chez quelques Perroquets, ainsi que chez certains Pigeons, elles sont réduites à des stylets suspendus aux épaules, sans pouvoir ni atteindre le sternum, ni se rencontrer entre elles (3).

Ailes. Chez les *Dinornis*, oiseaux de la Nouvelle-Zélande qui ne vivent plus aujourd'hui, les ailes paraissent manquer complétement (4), et chez les autres espèces qui sont privées de la

(1) Cette soudure entre la fourchette et le sternum est remarquablement large et solide chez la Grue, le Pélican (*a*) et chez la Frégate (*b*). Chez beaucoup d'autres Oiseaux où la fusion des deux clavicules est également complète, l'arc ainsi constitué ne touche pas au sternum (*c*).

(2) Chez l'*Aptéryx*, les os furculaires ne sont représentés que par un noyau rudimentaire à peine visible (*d*).

(3) Pour plus de détails sur la conformation de la fourchette et ses connexions avec l'appareil sternal, je renverrai aux publications suivantes (*e*).

(4) M. Owen est parvenu à reconstituer complétement le squelette de plusieurs de ces Oiseaux gigantes-

(*a*) Alph. Milne Edwards, *Op. cit.*, t. I, pl. 35, fig. 1.
(*b*) Idem, *ibid.*, pl. 35, fig. 2.
(*c*) Exemple : les Canards (*Op. cit.*, pl. 11, etc.).
(*d*) Owen, *Anat. of the Southern Apteryx* (*Trans. Zool. Soc.*, t. II, pl. 55, fig. 2).
(*e*) Allis, *On the Mode of attachment of the os furculum to the sternum in various Grallatorial and Natatorial Birds* (*Proceed. Zool. Soc*, 1835, t. III, p. 154).
— Harting, *L'appareil épisternal des Oiseaux* (*Mém. de l'Acad. d'Utrecht*, 1864, t. I).
— Parker, *Shoulder-girdle*, pl. 14-17 (*Roy. Soc.*, 1868).
— A. Milne Edwards, *Op. cit.*
— Eyton, *Op. cit.*

faculté de voler, ces organes en général sont plus ou moins rudimentaires (1); mais, chez la plupart des Animaux de cette classe, les membres thoraciques présentent un grand développement, et leur segment terminal présente des particularités fort remarquables.

L'humérus est conformé à peu près comme chez les Mammifères, et les deux os de l'avant-bras n'offrent en général rien d'important à noter. La main, très-aplatie, a la forme d'une palette allongée, qui donne insertion aux principales pennes de l'aile. Le carpe n'est représenté que par deux os; le métacarpe est formé primitivement de trois os qui se soudent entre eux par le progrès de l'âge; les deux os principaux s'allongent beaucoup et s'ankylosent par leurs extrémités, mais laissent entre eux, dans la majeure partie de leur étendue, un espace vide. Enfin, les doigts ne sont qu'au nombre de trois, dont deux plus ou moins rudimentaires. L'un de ces organes, composé d'une seule phalange et placé du côté radial, s'articule près de la base du métacarpe, et on le désigne sous le nom de *pouce*; un autre, situé du côté opposé et également styloïde, s'insère à l'extrémité opposée du métacarpe; enfin le doigt médian, ou doigt principal, se compose de deux phalanges, dont la première est grande et très-comprimée.

Je reviendrai sur l'étude de ces parties lorsque je traiterai

ques (*a*), et non-seulement il ne leur a trouvé aucun vestige d'ailes, mais, ainsi que je l'ai déjà dit, il a constaté que leur appareil scapulaire, fort réduit, est dépourvu de la cavité articulaire où s'emboîte d'ordinaire la tête de l'humérus (*b*).

(1) Notamment chez l'Aptéryx, l'Autruche, le Nandou et les Casoars. Il est cependant à noter que chez quelques Oiseaux apténiens les ailes fonctionnent à la façon de nageoires, et alors leur charpente osseuse est bien développée. Les Manchots sont dans ce cas (*c*).

(*a*) Owen, *On Dinornis*, part. 8 (*Trans. Zool. Soc.*, t. IV, pl. 46 et 47).
(*b*) Voyez ci-dessus, page 387.
(*c*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, fig. 19.

des membres thoraciques de l'Oiseau considérés comme organes du vol.

Squelette des Reptiles.

§ 8. — Dans la CLASSE DES REPTILES, la charpente osseuse présente des variations plus grandes que dans l'une ou l'autre des deux classes des Vertébrés supérieurs, dont l'étude vient de nous occuper (1). En effet, elle affecte trois formes principales qui diffèrent considérablement entre elles, et qui sont propres, la première aux Chéloniens, la seconde aux Sauriens, et la troisième aux Serpents. Du reste, par ses caractères généraux, le squelette de tous ces Animaux ressemble à celui des Oiseaux plus qu'à celui des Mammifères, surtout en ce qui concerne la structure de la tête.

Squelette des Chéloniens.

Le caractère le plus saillant du squelette des Chéloniens dépend de la disposition des os du tronc, qui forment chez ces Animaux une sorte de boîte résultant de l'association de deux boucliers, dont l'un, situé sur le dos, est appelé *carapace*, et l'autre, placé à la face ventrale du corps, est désigné sous le nom de *plastron*.

Cette cuirasse béante en avant et en arrière, mais en général complétement zonaire vers le milieu, est d'ordinaire assez grande pour que la tête, la queue et les quatre membres puissent y rentrer et s'y cacher complétement. Elle est placée directement sous la peau, qui y adhère d'une manière très-intime, et, en général, est garnie de grandes plaques cornées

(1) Au sujet de l'ostéologie des Reptiles, je citerai principalement les observations de Cuvier consignées dans son grand ouvrage sur les *Ossements fossiles*, les traités généraux d'anatomie comparée et d'erpétologie (*a*), ainsi que divers mémoires spéciaux indiqués ci-après.

(*a*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. I.
— Duméril et Bibron, *Erpétologie générale*, pl. 1-8.
— Blanchard, *Organisation du Règne animal* : REPTILES, CHÉLONIENS, pl. 1 et 2 ; — EMYDOSAURIENS, pl. 1 ; — SAURIENS, pl. 1, 2, 3, 9, 10, 11, 14, 16, etc. ; — OPHIDIENS, pl. 5.
— Moquin-Tandon, *Mém. sur l'ostéologie des Reptiles* (*Mém. de la Soc. Linn. de Paris*, 1825, t. IV, p. 141).

dont nous avons vu la disposition dans une précédente Leçon (1).

La *carapace*, lorsqu'elle est développée d'une manière complète, est constituée par l'assemblage : 1° d'une série de pièces médianes et symétriques, qui d'ordinaire reposent sur l'arc neural des vertèbres sous-jacentes et se confondent avec lui ; 2° de deux séries longitudinales de pièces moyennes placées de chaque côté de la série médiane et correspondantes aux côtes vertébrales ; 3° de deux séries de pièces marginales qui constituent une sorte de cadre tout autour de ce bouclier dorsal (2). Ces pièces ont la forme de plaques plus ou moins minces et, se rencontrant entre elles par leurs bords, s'articulent par engrenage. Jusque dans ces derniers temps les anatomistes les ont considérées comme étant constituées, les unes par les apophyses épineuses élargies des vertèbres sous-jacentes, les autres par les côtes vertébrales et les côtes sternales très-dilatées ; mais les observations faites sur le développement du squelette des Tortues montre que toutes ces pièces tergales, ou du moins la plupart d'entre elles, résultent de l'ossification d'une expansion fibreuse qui recouvre les parties du squelette que je viens de nommer, et s'y unit intimement, tout en ayant des connexions non moins étroites avec le système tégumentaire. La carapace paraît donc être due à une extension du travail d'ossification analogue à celui que nous avons vu produire la voûte temporale chez le *Lophiomys*, parmi les Mammifères, et que nous verrons se manifester dans d'autres parties du squelette des Reptiles (3). Ce mode d'origine nous

Carapace.

(1) Voyez ci-dessus, page 62.
Le contour de ces écailles ne correspond pas aux divisions de la carapace sous-jacente.

(2) Voyez à ce sujet les planches de Bojanus, etc. (*a*).

(3) Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire et la plupart des autres anatomistes de la

(*a*) Bojanus, *Anatome Testudinis europææ*, 1819, pl. 2-6.

permet de comprendre facilement comment quelques-unes de ces pièces osseuses ne sont en connexion ni avec les vertèbres, ni avec les côtes, tandis que les autres se confondent si intimement avec ces os, qu'elles semblent en être des dépendances.

Les pièces médianes ou neurales, qui se confondent plus ou moins intimement avec les vertèbres sous-jacentes, sont en général au nombre de huit; elles sont précédées d'une pièce marginale impaire qui chevauche sur la première vertèbre dorsale sans y adhérer (1), et elles sont suivies d'un nombre variable d'autres pièces impaires qui sont également sans connexions avec les vertèbres sous-jacentes. Les pièces costales ou intermédiaires sont généralement au nombre de huit paires. Chez les Tortues terrestres, elles se confondent avec les côtes situées au-dessous, et, dans toute la longueur de ces os, elles s'étendent de façon à se rencontrer entre elles; mais chez les *Trionyx* elles

première moitié du siècle actuel considéraient les pièces médianes de la carapace comme étant constituées par l'arc supérieur des vertèbres dorsales ou par l'apophyse épineuse devenue tabulaire, et les pièces latérales intermédiaires comme étant les côtes dépendantes de ces mêmes vertèbres. Geoffroy assimilait aussi les pièces marginales à autant de côtes sternales (*a*). Mais les observations de M. Peters, confirmées par les recherches embryologiques de Rathke, et les remarques de plusieurs auteurs plus récents, portent la plupart des anatomistes à admettre aujourd'hui que ces plaques sont des produits de l'ossification du chorion, et par conséquent n'appartiennent pas à l'endosquelette (*b*).

(1) M. Agassiz a constaté que cette pièce médiane antérieure n'est pas un os dermique, comme le sont les pièces marginales latérales, et qu'elle appartient à l'endosquelette (*c*). Dans l'état actuel de nos connaissances, il me paraîtrait donc difficile d'en déterminer le caractère homologique.

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Mém. sur les Tortues molles* (*Ann. du Muséum*, 1809, t. II, p. 5). — *Philosophie anatomique*, t. I, p. 105.

(*b*) Peters, *Observationes ad Anatomiam Cheloniorum*, 1838.

— *Ueber die Bildung des Schildkrötenesskelets* (Müller's *Arch. für Anat.*, 1839, p. 290).

— Rathke, *Sur le développ. des Tortues* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. V, p. 161). — *Entwickelungen der Schildkröten*, 1848, p. 122.

— Owen, *On the Development and Homologies of the Carapace and Plastron of Chelonian Reptiles* (*Phil. Trans.*, 1849, p. 151).

— Gervais, *Sur la signification des pièces qui composent le plastron des Tortues* (*L'Institut*, 1849, t. XVII, p. 188).

(*c*) Agassiz, *Contributions to the Natur. Hist. of the United States of America*, vol. I, part. 2, p. 265.

laissent inoccupés les espaces intercostaux (1). Chez quelques Animaux de cet ordre, les pièces marginales manquent plus ou moins complétement (2), mais en général elles sont plus nombreuses que les précédentes. Enfin, chez le Sphargis ou Tortue luth, la carapace, au lieu de se souder aux parties sous-jacentes du squelette, y est unie seulement par une couche de tissu fibreux (3).

Le *plastron*, qui revêt la face ventrale du corps, est un bouclier ovalaire composé de neuf pièces : une médiane et antérieure; les autres disposées par paires, et pouvant se rencontrer complétement entre elles ou rester plus ou moins éloignées de la ligne médiane et constituer une sorte de cadre. Les anatomistes s'accordent généralement pour considérer toutes ces pièces comme appartenant à l'appareil sternal (4), et cette opinion me paraît bien fondée (5). Chez beaucoup de Tortues,

(1) Chez les Tortues d'eau douce et les Chélhydres, les espaces intercostaux ne se remplissent que plus ou moins tardivement (*a*). Chez les Tortues de mer, il reste vers l'extrémité extérieure de ces os un espace occupé seulement par une expansion subcartilagineuse (*b*).

(2) Les pièces marginales de la carapace font complétement défaut chez les Cyclodermes (*c*), ainsi que chez les *Trionyx* (*d*).

(3) M. Gervais a publié récemment une description très-détaillée de la charpente osseuse de ce Chélonien (*e*).

(4) A l'exemple de Geoffroy Saint-Hilaire, les anatomistes désignent ordinairement ces pièces sous les noms de : *entosternal*, *épisternaux*, *hyosternaux*, *hyposternaux* et *xiphosternaux* (*f*).

(5) Carus et M. Peters ont pensé que le plastron était constitué en partie par la portion de l'endosquelette représentant le sternum, en partie par des pièces dermiques (*g*). Rathke, en se fondant sur le mode de développement de ces parties chez l'embryon, les rapporte toutes à l'ossification du

(*a*) Bojanus, *Op. cit.*, pl. 3, fig. 8.
(*b*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 13, fig. 3.
(*c*) Peters, *Uebersicht auf seiner Reise nach Mozambique, beobachteten Schildkröten* (*Berlin. Monatsber.*, 1854, p. 215).
(*d*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 13, fig. 8.
— Agassiz, *Op. cit.*, t. I, p. 256.
(*e*) Gervais, *Ostéologie du Sphargis luth* (*Nouv. Archives du Muséum*, 1872, t. VIII, p. 199).
(*f*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Philos. anat.*, 1818, t. I, pl. 2, fig. 21.
(*g*) Carus, *Traité d'anatomie comparée*, t. I, p. 205.
— Rathke, *Entwick. der Schildkröten*, 1848, p. 122 et suiv.

le plancher osseux de la chambre viscérale constitué de la sorte s'unit très-intimement, de chaque côté, à un prolongement du limbe de la carapace, mais chez quelques espèces il n'y est fixé que par l'intermédiaire de ligaments (1). Enfin, il est aussi à noter que, chez les Chéloniens appelés, à raison de cette disposition, des Tortues à boîte, la portion antérieure du plastron, ainsi que la portion terminale de ce bouclier, au lieu d'être comme d'ordinaire ankylosées avec la portion médiane, y sont articulées de façon à jouir d'une certaine mobilité et à pouvoir se relever contre les bords correspondants de la carapace (2).

Ceinture scapulaire.

La disposition de la boîte osseuse formée par la carapace et le plastron entraîne d'autres particularités dans les relations anatomiques de la portion basilaire des membres. Ainsi l'appareil scapulaire, composé comme d'ordinaire d'un scapulum, d'une clavicule et d'un os coracoïdien, ne s'appuie pas contre

système tégumentaire, et récemment la même opinion a été soutenue par M. Parker (a). Mais M. Agassiz, au contraire, affirme que chez l'embryon les neuf pièces du plastron se développent d'une manière indépendante du chorion (b); et, quoi qu'il en soit à cet égard, je persiste à croire que ce bouclier est l'homologue du sternum des Oiseaux. J'ajouterai que M. Owen, tout en considérant la pièce médiane, ou entosternale, comme l'homologue du sternum, pense que les pièces latérales sont les représentants d'autant de côtes sternales, ou apophyses sternales, pour me servir de la nomenclature particulière de cet anatomiste éminent (c).

(1) Cette disposition se rencontre chez les Chélonées et les autres Thalassites ou Tortues marines.

(2) Dans le genre Cinosterne, il y a de la sorte deux battants mobiles qui jouent sur une pièce moyenne qui est fixe. Chez la Cistude, les deux portions mobiles se retrouvent aussi, mais elles jouent l'une sur l'autre. Enfin, chez le Sternothère, il n'y a qu'un seul battant mobile situé en avant, et chez quelques Tortues terrestres dont on a formé le genre *Chersus*, la portion postérieure du plastron est mobile, tandis que tout le reste de ce bouclier est immobile.

(a) Parker, *On the Shoulder-girdle and Breastbone*, p. 133.
(b) Agassiz, *Op. cit.*, t. I, p. 265.
(c) Owen, *loc. cit.*, p. 166 et suiv.

la face externe des parois thoraciques, comme cela a lieu chez les Mammifères, les Oiseaux et la plupart des Reptiles; il se loge dans l'intérieur de la chambre viscérale et se trouve suspendu sous la face interne des côtes par les omoplates, qui vont s'articuler à la colonne vertébrale par leur extrémité supérieure, tandis que leur bout opposé se réunit à la clavicule et au coracoïdien pour constituer la cavité articulaire où se loge la tête de l'humérus. Les trois os de l'épaule ainsi disposés forment une sorte de trépied dont les deux branches inférieures se dirigent vers la face supérieure du plastron, à la partie antérieure et médiane duquel lés clavicules se fixent par leur extrémité inférieure (1). La ceinture scapulaire, unie à la partie adjacente de la colonne vertébrale, constitue donc dans l'intérieur du thorax un anneau complet fort analogue à celui formé à l'arrière de l'abdomen par les os des hanches associés aux vertèbres du sacrum. Le bassin conserve ses rapports ordinaires avec le rachis, et la position qu'il occupe dans l'intérieur de la cavité comprise entre la carapace et le plastron est seulement une conséquence du développement excessif de la portion postérieure de ces deux boucliers, qui chevauchent en arrière sur les parties du squelette laissées ordinairement à découvert (2).

§ 9.— La charpente osseuse des membres, la queue et la portion antérieure de la colonne vertébrale ne présentent aucune particularité de structure qui me paraisse offrir assez d'intérêt Pattes

(1) Le scapulaire et la clavicule sont étroits, allongés et soudés entre eux vers leur extrémité externe; le coracoïdien, dirigé en arrière et élargi postérieurement, est réuni aux précédents par une suture qui divise en deux parties la cavité glénoïde (a).

(2) La portion inférieure du bassin est très-développée, et l'ischion aussi bien que le pubis se rencontrent sur la ligne médiane, de façon que la symphyse pubienne est très-longue (b).

(a) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 12, fig. 1-6.
(b) Idem, *Op. cit.*, fig. 16, etc.

pour que je m'y arrête ici (1); mais la tête osseuse mérite de fixer un instant notre attention (2).

Tête. La composition de cette partie du squelette ne diffère que peu de ce que nous avons vu chez les Oiseaux, si ce n'est que les os de la face, au lieu d'être articulés faiblement entre eux et souvent mobiles les uns sur les autres, sont ramassés et très-solidement fixés (3); que la boîte crânienne est fort petite, et que les fosses temporales, au lieu d'être ouvertes en dessus, sont parfois recouvertes d'une voûte osseuse qui part du

(1) Il est cependant à noter :

1° Que l'humérus est très-arqué.

2° Que les os carpiens de la dernière rangée sont au nombre de cinq, comme les métacarpiens, avec lesquels ils s'articulent, et que parfois l'os pisiforme, au lieu d'être en connexion avec les carpiens de la première rangée, descend au niveau du dernier carpien externe et se porte en dehors, de façon à simuler un doigt surnuméraire (*a*). Les os du tarse qui portent les métatarsiens sont aussi au nombre de cinq.

3° Que les doigts sont d'une brièveté extrême chez les Tortues de terre, tandis que chez les Tortues de mer ils s'allongent beaucoup.

J'ajouterai que la première vertèbre dorsale, caractérisée par l'existence d'une paire de petites côtes, reste libre sous la portion antérieure de la carapace, et le nombre total des vertèbres dorsales ne s'élève qu'à neuf ou dix.

Les vertèbres cervicales, au nombre de huit, sont très-mobiles sur les autres.

(2) La composition de la tête osseuse, considérée au point de vue des homologies, a donné lieu à plusieurs travaux importants (*b*).

(3) Les os du crâne, au contraire, conservent leur indépendance beaucoup plus longtemps que chez les Oiseaux, et sont en général délimités par des sutures pendant toute la durée de la vie. Cela se voit non-seulement pour les représentants des grands os crâniens des Mammifères, mais aussi pour les pièces primordiales qui constituent ceux-ci en se soudant entre elles. Ainsi l'occipital reste divisé en six os distincts : un basilaire, deux occipitaux latéraux, un occipital supérieur, et latéralement une paire d'occipitaux extérieurs.

(*a*) Par exemple chez le Caret ; voy. Cuvier, *loc. cit.*, fig. 15.

(*b*) Weidemann, *Anat. Beschreibung der Schildkröten* (*Archiv für Zoologie und Zootomie*, 1802, t. II, p. 177).

— Spix, *Cephalogenesis*, 1815.

— Bojanus, *Parergon ad Anatomen Testudinis, cranii vertebratorum*, etc.—*Anat. Testudinis Europææ*, 1819.

Ulrich, *Annotat. quædam de sensu ac significatione ossium capitis, speciatim de capite Testudinis*. Berlin, 1816.

— Cuvier, *Ostéologie des Tortues*, dans *Ossements fossiles*, t. V, p. 176.

— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. II, p. 126 et suiv.

sinciput et se confond inférieurement avec les arcades zygomatiques, à peu près comme chez le *Lophiomys*, dans la classe des Mammifères (1). Les os tympaniques, ou os carrés, disposés d'ailleurs à peu près comme chez les Oiseaux, concourent à la formation de cette voûte, et sont par conséquent rendus complétement immobiles (2). Les cavités orbitaires communiquent largement entre elles, ainsi qu'avec les fosses adjacentes; mais leur cadre est complet, et sa portion supérieure se trouve constituée principalement par deux pièces osseuses qui correspondent aux angles latéro-postérieurs et latéro-antérieurs du frontal des Vertébrés supérieurs (3). La région nasale est peu développée; la voûte du palais est courte, et très-incomplète; enfin l'articulation de la tête sur l'atlas se fait à l'aide d'un condyle unique et médian, mais formé par la réunion de trois tubercules (4). La mâchoire inférieure, de même que chez les Oiseaux, n'a pas de symphyse, mais sa structure est encore plus complexe que chez ces Animaux. On y compte onze pièces distinctes. Du reste, cette multiplicité des parties constitutives de cet organe n'appartient pas seulement aux Chéloniens, elle est commune à tous les Reptiles, et parfois même elle est portée encore plus loin, notamment chez les Crocodiliens (5).

(1) Voyez tome VI, page 56.

(2) L'os carré contribue très-largement à la formation du cadre du tympan; quelquefois même il se prolonge en arrière de façon à compléter ce cercle osseux (*a*).

(3) Cuvier désigne ces os sous les noms de frontal *postérieur* et de frontal *antérieur*, réservant le nom de frontal *principal* pour la paire médiane de pièces dont l'ensemble représente le frontal unique des Mammifères. Le frontal postérieur, ou orbitaire externe, est très-développé.

(4) Un de ces tubercules appartient à l'os basioccipital, les deux autres aux os exoccipitaux (*b*).

(5) Ainsi que nous l'avons vu dans une Leçon précédente (*c*), chez ces Reptiles, la mâchoire se compose de

(*a*) Exemple : l'*Emys expansa*; voy. Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 11, fig. 9.
(*b*) Cuvier, *Op. cit.*, t. XV, pl. XI, fig. 4.
(*c*) Voyez tome VI, page 42.

Squelette des Sauriens.

§ 10. — La tête osseuse des autres Reptiles est construite d'après le même plan général, mais la face acquiert un développement relatif plus considérable, et les pièces constitutives de sa charpente sont d'ordinaire beaucoup moins solidement unies entre elles. C'est chez les Ophidiens que leurs connexions sont le plus lâches. Chez ces Animaux, les deux branches de la mâchoire inférieure sont presque toujours libres entre elles (1), et souvent même les os maxillaires supérieurs sont très-mobiles. Cette dernière particularité se rencontre chez les Serpents venimeux, et nous avons déjà eu l'occasion de voir comment elle influe sur le jeu des crochets dont la bouche de ces Reptiles est armée (2). Le mode de suspension de la mâchoire inférieure, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler (3), mérite aussi d'être rappelé ici. Cette articulation se fait comme d'ordinaire à l'extrémité inférieure de l'os tympanique, mais cet arc-boutant, au lieu d'être fixé directement au crâne, est attaché à l'extrémité postérieure d'un levier très-mobile qui est constitué par l'os mastoïdien et qui s'appuie seulement sur la boîte crânienne par son extrémité antérieure (4). Il est aussi à noter que l'extrémité de l'os tympanique ne trouve pas d'arcade zygomatique pour

six paires de pièces osseuses distinctes savoir : de deux *os dentaires* réunis entre eux, à leur extrémité antérieure, par une suture, et suivis chacun par un *os operculaire* situé à la face interne ; d'un *os angulaire*, d'un *os surangulaire*, d'un *os articulaire*, et d'un *os complémentaire*.

Chez les Chéloniens, les os dentaires sont représentés par une pièce médiane unique (*a*).

(1) Voyez tome VI, page 42.

(2) Voyez tome VI, page 69.

(3) Voyez tome VI, page 43.

(4) Ce mode de suspension de la mâchoire inférieure n'est pas constant dans l'ordre des Ophidiens ; il se rencontre chez tous les Serpents proprement dits ; mais chez les Doubles marcheurs, ou Amphisbeniens, l'os tympanique est immédiatement articulé au crâne, comme chez les Sauriens (*b*).

(*a*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. XI, fig. 25.

(*b*) Cuvier, *Règne animal*, 2ᵉ édit., pl. 8, fig. 5.

— Gervais, *Rech. sur l'ostéologie de diverses espèces d'Amphibiens* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1835, t. XX).

s'appuyer, et que l'arcade intermédiaire de la région palatine, avec laquelle cet os suspenseur est en connexion, s'allonge beaucoup (1).

Chez les Sauriens, les os tympaniques se trouvent également plus ou moins éloignés des parois du crâne, mais les pièces osseuses qui les y relient sont fixées à celles-ci de façon à ne pouvoir exécuter aucun mouvement, et souvent même leur union avec le reste de la tête acquiert une solidité remarquable par le grand développement des arcades zygomatiques (2). Cette disposition est particulièrement prononcée chez les Crocodiliens, et ces arcades présentent dans leur mode de conformation des variations dont l'étude n'est pas dépourvue d'intérêt pour les anatomistes, mais nous entraînerait hors des limites du cadre de ces Leçons, si nous nous y arrêtions ici (3).

Chez tous les Reptiles, la tête s'articule sur la colonne vertébrale à l'aide d'un tubercule impair et médian, comme nous l'avons déjà vu pour les Tortues ; mais ce condyle n'est pas toujours pourvu de trois facettes, et parfois il est simple, tandis qu'ailleurs il est bilobé (4).

(1) Les arcades intermédiaires constituées par les os palatins et les os ptérygoïdiens, sont très-écartées entre elles, et laissent à découvert le vomer ainsi que le sphénoïde (a).

Chez les Caméléons, cette voûte évidée au milieu se prolonge beaucoup en arrière, et constitue ainsi de chaque côté de la crête médiane du sinciput une sorte de cadre (b).

(2) Une disposition analogue à celle que nous avons rencontrée dans la région temporale des Tortues marines nous est offerte par les Lézards, où le système tégumentaire du sinciput s'ossifie et se confond avec le crâne, de façon à constituer de chaque côté un grand bouclier sus-temporal.

(3) Je me bornerai à ajouter que les frontaux postérieurs, ou os postorbitaires, jouent un rôle très-important dans la constitution des arcades zygomatiques des Sauriens, arcades qui sont quelquefois sans liaison avec les os malaires : par exemple chez les Monitors (c) et les Geckos (d).

(4) L'existence de deux ou de trois

(a) Cuvier, *Op. cit.*, pl. 9, fig. 1.
(b) Voyez Cuvier, *Ossem. foss.*, pl. 27, fig. 14.
(c) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 16, fig. 1, 2 et 7.
(d) Idem, *loc. cit.*, pl. 16, fig. 27.

Rachis des Ophidiens.

§ 11. — La colonne rachidienne des Reptiles atteint son plus haut degré de développement et de mobilité chez les Serpents, où elle constitue avec ses dépendances costales la totalité de la charpente solide du tronc. Dans ce groupe zoologique, le nombre des vertèbres dépasse souvent 200 et atteint 422 (1). Elles ne diffèrent que peu entre elles, et s'articulent les unes aux autres à l'aide d'une cavité hémisphérique creusée à la face postérieure du corps de chacune d'elles et d'une tête arrondie qui occupe la face opposée de la même partie, disposition qui se retrouve aussi, quoique d'une manière moins bien caractérisée, chez la plupart des Sauriens (2). En dessus, les mouvements de cette jointure en genou sont limités par plusieurs apophyses articulaires dont le mode d'arrangement est très-parfait (3). Les apophyses épineuses sont généralement longues et aplaties pour donner insertion à des muscles puissants, mais les apophyses transverses sont d'ordinaire presque rudimentaires. Enfin, la plupart de ces vertèbres portent en dessous une

divisions dans ce condyle occipital unique dépend de ce que tantôt l'os basilaire contribue à sa formation, tandis que d'autres fois cette pièce ne se développe pas assez pour y entrer, et que ce sont les occipitaux latéraux qui sont seuls à le constituer.

(1) Cuvier a constaté ce dernier nombre chez le Python améthyste, et il a compté :

330 vertèbres chez le Boa divin;
289 chez le Trigonocéphale jaune;
255 chez le Naja à lunettes;
229 chez la Couleuvre à collier,
202 chez la vipère commune;
230 environ chez l'Orvet, l'Amphisbène, etc.;
102 chez l'*Acontias* (a).

(2) Chez les Geckos, les vertèbres sont au contraire biconcaves (b). Il en est de même chez un Saurien très-remarquable de la Nouvelle-Zélande, connu sous le nom de *Hatteria* (c).

Ce caractère anatomique est encore plus prononcé chez les Ichthyosaures et chez les *Archegosaurus*, fossiles de la période carbonifère, où la corde dorsale est persistante.

(3) On compte chez les Serpents jusqu'à huit articulations intervertébrales accessoires.

(a) Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édit., t. I, p. 221.
(b) Hunter, *Obser v.on the Animal Economy*, t. I, p. 142.
(c) Gunther, *Contributions to the Anatomy of* Hatteria (*Phil. Trans.*, 1867, p. 595, pl. 27, fig. 22 et 23).

crête médiane, ou même une apophyse épineuse inférieure, soit simple, soit double.

Côtes.

Toutes ces vertèbres, à l'exception des deux premières et de celles plus ou moins rudimentaires qui terminent la série rachidienne en arrière, portent des côtes mobiles, et toutes les côtes sont libres à leur extrémité ventrale (1). En effet, le squelette des Ophidiens est caractérisé par le manque du système des pièces sternales, aussi bien que par l'absence complète ou presque complète des membres (2).

Sauriens.

§ 12. — Chez les Sauriens, la colonne rachidienne est également pourvue de côtes plus ou moins mobiles dans presque toute sa longueur. Chez les Crocodiliens, ces appendices latéraux existent même à l'axis et à l'atlas ; (3) mais, chez les Sauriens proprement dits, ils ne commencent à se montrer que sur la troisième vertèbre, comme chez les Serpents (4), ou même plus loin (5). Dans la région cervicale, les côtes sont libres à leur

(1) Les côtes des Serpents sont creusées d'une grande cavité médullaire, et leur extrémité inférieure est garnie d'un petit cartilage.

(2) On trouve sous la peau les rudiments des membres postérieurs chez quelques Serpents, et parfois même ces vestiges sont visibles au dehors (*a*).

(3) Par exemple chez le Lézard (*b*).

(4) Chez les Varans, la première paire de côtes naît de la 6[e] vertèbre (*c*).

(5) Chez les Crocodiliens, il y a sept paires de côtes cervicales, dont la longueur diminue progressivement ; puis deux paires de côtes beaucoup plus longues, qui touchent au sternum, mais sans s'y articuler. La plupart d'entre elles sont très-élargies à leur extrémité libre et s'y appuient les unes sur les autres.

Les premières côtes thoraciques s'articulent aux vertèbres correspon-

(*a*) Meyer, *Sur les membres postérieurs des Ophidiens* (*Ann. des sciences nat.*, 1820, 1[re] série, t. VII, p. 170, pl. 6).
— Idem, *Fernere Untersuch. über die hintere Extremität der Ophidien* (*Treviranus Zeitschr. für Physiol.*, 1829, t. III, p. 249).
— Heusinger, *Ueber die Extremitäten der Ophidien* (*Zeitschr. für Organ. Phys.*, 1829, t. III, p. 481.
— H. Müller, *Regeneration von Eidechsenschwänzen* (*Verhandl. der phys. med. Ges. in Würzburg*, 1852, t. II, p. 66).
— Berlin, *Ueber die rudimentaren Rücken- und Extremitätenknochen bei den Ophidien* (*Arch. für holland. Beitr.*, 1857, t. I, p. 258).

(*b*) Voyez Blanchard, *Organisation du Règne animal*, REPTILES SAURIENS, pl. 30, fig. 1.

(*c*) *Ibid.*, pl. 10.

extrémité antérieure, tandis que dans la région thoracique elles s'articulent avec des côtes sternales, qui, à leur tour, s'articulent au sternum. Plus loin, dans ce que l'on pourrait appeler la région lombaire, les côtes rachidiennes se raccourcissent de nouveau et restent libres par leur extrémité inférieure; mais elles ne manquent ni dans cette partie du tronc, ni dans la majeure partie de la région caudale, où elles sont d'ordinaire rejetées en dessous et constituent des os en V.

Chez les Dragons ou Lézards volants, les côtes de la région moyenne du tronc présentent des particularités remarquables: au lieu d'être arqués et de ceindre la cavité viscérale, ces os, dont la longueur est très-considérable, se portent directement en dehors, et servent à soulever un repli de la peau des flancs disposé en manière de parachute (1).

Système sternal.

Le système des pièces sternales présente, chez les Crocodiliens, un développement très-remarquable; cependant le sternum est en majeure partie cartilagineux (2), et dans la

dantes par deux têtes très-écartées entre elles, et dont l'une s'attache au corps de ces deux os, l'autre à l'apophyse transverse (*a*); mais plus en arrière; le col de la tête supérieure se raccourcit de plus en plus, et les côtes se trouvent suspendues à l'extrémité des apophyses transverses seulement.

(1) Les trois ou quatre premières côtes thoraciques sont reliées au sternum, comme d'ordinaire, et suivies de cinq paires de côtes très-longues et libres latéralement; les côtes terminales se raccourcissent beaucoup (*b*).

(2) La partie antérieure du sternum est constituée par un os étroit et allongé, dont la moitié antérieure est libre et saillante, tandis que la moitié postérieure est engagée dans une pièce cartilagineuse : cet os est appelé communément le *manubrium* ou *épisternal*. Mais dans le système de nomination employé par M. Parker, elle porte le nom d'*interclaviculaire*. Les côtes sternales des deux premières paires naissent du cartilage antérieur dont je viens de parler, et cette pièce médiane est suivie d'un second cartilage sternal qui se bifurque postérieurement et donne insertion aux huit paires de côtes sternales suivantes. Les fausses côtes sternales qui nais-

(*a*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 4, fig. 4.
(*b*) Duméril et Bibron, *Erpétologie*, pl. 5, fig. 2. — Owen, *Op. cit.*, t. I, p. 580, fig. 5.

région abdominale, où les côtes sternales sont bien constituées, il n'est représenté que par l'expansion fibreuse nommée ligne blanche. Ces dernières pièces, que l'on pourrait appeler des *fausses côtes sternales*, ne s'articulent pas avec les côtes vertébrales correspondantes et en restent même très-éloignées ; mais, chez quelques Sauriens proprement dits, elles s'y unissent de façon à compléter, dans la plus grande partie de la région abdominale, une série de zones costales semblables à celles du thorax, si ce n'est qu'elles ne sont pas en connexion avec un sternum. Les Caméléons et les Anolis nous offrent ce mode d'organisation (1).

§ 13. — La ceinture scapulaire est constituée principalement par les omoplates, dont le bord supérieur est garni d'un prolongement cartilagineux lamellaire et par les coracoïdiens, qui vont s'appuyer sur les bords latéro-antérieurs du sternum. Chez les Crocodiliens et les Caméléons, les clavicules manquent; mais chez les autres Sauriens elles affectent la forme de petites tiges osseuses situées sous les coracoïdiens et s'étendant du bord antérieur de l'omoplate à l'épisternum. **Ceinture scapulaire.**

Cet appareil scapulaire ne fait jamais complétement défaut chez les Sauriens, lors même que les membres auxquels il donne ordinairement attache manquent.

sent de la ligne blanche et garnissent en dessous l'abdomen, se composent chacune de deux pièces très-étroites et placées bout à bout. En arrière, la ligne blanche s'élargit beaucoup et s'attache à l'extrémité antérieure des deux os pubiens (*a*).

Cette partie du squelette est très-développée chez les Plésiosaures.

(1) Chez les Caméléons, les côtes rachidiennes commencent à la 4[e] vertèbre cervicale; celles des 6[e], 7[e], 8[e] et 9[e] vertèbres sont reliées au sternum ; celles des huit ou dix paires suivantes s'articulent à autant de fausses côtes sternales, et plus en arrière il y a encore plusieurs paires de ces côtes, tant rachidiennes que sternales, qui se correspondent, mais sans se rencontrer (*b*).

(*a*) Duméril et Bibron, *Erpétologie*, pl. 4.
— Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.* Paris, t. II, pl. 4, fig. 10.
— Blainville, *Ostéographie*, Crocod., pl. 3.
(*b*) Blanchard, *Organisation du Règne animal*, Reptiles Sauriens, pl. 1, fig. 1.

Bassin. La ceinture pelvienne est constituée, comme d'ordinaire, de chaque côté par trois os réunis dans le voisinage de l'articulation fémoro-coxale et divergents entre eux, savoir : un os iliaque, qui s'articule avec les vertèbres sacrées ; un ischion, qui s'unit à son congénère au-dessous de la région anale, et un os pubien, dont la disposition varie. Chez les Sauriens proprement dits, il constitue, comme d'ordinaire, une arcade en s'articulant avec son congénère ; mais, chez les Crocodiliens il en reste écarté de celui-ci, et son extrémité interne est libre.

Membres. La charpente osseuse des membres ne présente, chez les Sauriens, que peu de particularités importantes à noter. Chez quelques-uns de ces Animaux, ces organes appendiculaires sont plus ou moins rudimentaires, et ils peuvent même manquer complétement, ainsi que cela se voit chez les Ophisaures, Reptiles serpentiformes qui semblent établir le passage entre l'ordre des Sauriens et l'ordre des Ophidiens, tout en se rapprochant davantage du premier de ces groupes (1). Quelquefois les membres antérieurs restent seuls (2), mais en général ce sont les membres postérieurs qui persistent le plus (3). Il est aussi

(1) Chez les Ophisaures, petits Reptiles américains, qui ressemblent beaucoup à nos Orvets, les membres font complétement défaut, bien qu'il existe quelques vestiges d'un bassin aussi bien que d'une ceinture sterno-capulaire (*a*).

Chez les Scheltopusicks, ou *Pseudopus*, que Pallas appelait des Lézards apodes, les membres antérieurs, représentés seulement par une paire de petits tubercules osseux attachés à la ceinture sterno-scapulaire, sont complétement cachés sous la peau, et les membres postérieurs, presque aussi rudimentaires, sont à peine sensibles au dehors (*b*).

(2) Ce mode d'organisation nous est offert par les Bimanes, ou *Cherotes* de Cuvier, qui habitent le Mexique (*c*).

(3) Chez les Chalcidiens (ou Anguins), que les erpétologistes ont désignés sous le nom de Bipèdes, et que l'on appelle aujourd'hui des *Sclérotes*, des *Prépédites* et des *Ophiodes*, les membres antérieurs manquent, mais les membres postérieurs sont plus ou moins bien constitués. Chez ces derniers Sauriens serpentiformes, ces organes ne sont représentés que par une

(*a*) Duméril et Bibron, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 1.
(*b*) Idem, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 5 et 9.
(*c*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, REPTILES, pl. 23, fig. 1 et 1 *b*.

à noter que le nombre des doigts diminue beaucoup chez ces divers Sauriens serpentiformes, et que parfois ces divisions terminales des membres sont rudimentaires ou manquent même complétement (1). Chez quelques Reptiles nageurs de la période jurassique, savoir certains Ichthyosaures dont les membres étaient transformés en rames, on compte plus de cinq doigts ; mais d'ordinaire ce nombre typique est réalisé, et les doigts acquièrent souvent une longueur considérable sans offrir dans la constitution de leur charpente osseuse aucune particularité importante à signaler ici (2).

§ 14. — Dans la CLASSE DES BATRACIENS (3), le squelette est moins bien constitué que chez la plupart des Reptiles dont nous venons de nous occuper, et présente parfois même des indices d'une dégradation très-grande.

Squelette des Batraciens.

La tête de ces animaux est fort déprimée et très-élargie en

paire d'appendices styliformes (*a*). Il en est de même chez les Prépédites; mais chez les Sclérotes les pattes sont terminées par deux doigts.

(1) Les Chamésaures, ou Lézards monodactyles, sont pourvus de deux paires de membres, mais ces appendices ne sont pas divisés en doigts.

Les divers Saurophides sont tétradactyles.

(2) Pour plus de détails sur l'ostéologie des Sauriens, je renverrai aux *Recherches* de Cuvier *sur les ossements fossiles* et aux autres ouvrages cités précédemment. J'ajouterai que M. Calori a publié sur ce sujet plusieurs mémoires (*b*).

(3) Pour l'ostéologie des Batraciens, je citerai principalement les ouvrages suivants (*c*).

(*a*) Duméril et Bibron, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 7.

(*b*) Calori, *Sullo scheletro del* Monitor terrestris (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1857, t. VIII, p. 161, pl. 10-12). — *Sullo scheletro della* Lacerta viridis, *sulla reproduzione della cauda nelle Lacerte, sulle ossa cutanee del Teschio de' Saurii* (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1858, t. IX, p. 345, pl. 21-24). — *Sullo scheletro del* Phrynosoma (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1861, t XII, p. 189, pl. 1-3). — *Sullo scheletro dello* Stellio vulgaris (*loc. cit.*, 1859, t. X, p. 369, pl. 21-23). — *Sullo scheletro del* Platydactylus guttatus (*loc. cit.*, 1861, t. XII, p. 149, pl. 1). — *Sullo scheletro dell'* Uromastix spinipes (*loc. cit*, p. 159, pl. 1 et 2). — *Sullo scheletro dell'* Agama aculeata (*loc. cit.*, p. 179, pl. 1 et 2).

(*c*) Cuvier, *Ossements fossiles*, t. V, chap. IV.

— Duméril et Bibron, *Erpétologie générale*, t. VIII, p. 60 et suiv., pl. 9 et 10.

— J. Müller, *Beitr. zur Anatomie und Naturgesch. der Amphibien* (*Treviranus Zeitschr. für Physiol.*, 1832, t. IV, p. 213, pl. 18, 19 et 20).

— Dugès, *Rech. sur l'ostéologie et la myologie des Batraciens à leurs différents âges*, 1834.

— Martin Saint-Ange, *Rech. anat. et physiol. sur les organes transitoires et la métamorphose des Batraciens* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1831, t. XXIV, p. 366).

— Parker, *On the Structure and Development of the Skull of the common Frog* (*Phil. Trans.*, 1871, p. 137).

arrière, bien que le crâne soit extrêmement étroit ; elle se fait en général remarquer par le grand développement des fosses orbito-temporales qui manquent complétement de plancher, et communiquent par conséquent librement avec la cavité buccale lorsque les parties molles n'existent plus (1). Le mode d'articulation de la tête avec la colonne vertébrale mérite aussi d'être signalé ici. En effet, cette jonction a lieu à l'aide d'une paire de condyles occipitaux situés latéralement, à peu près comme chez les Mammifères, disposition que nous n'avons rencontrée ni chez les Reptiles, ni chez les Oiseaux,

La colonne rachidienne présente dans sa conformation des variations très-considérables. Chez les Anoures, le nombre des vertèbres est remarquablement petit. On n'en compte de la tête au bassin que huit, et chez le Pipa l'atlas est soudé à l'axis ; le sacrum n'est représenté que par une seule vertèbre, et chez l'adulte le rachis se termine par un long stylet osseux qui ne dépasse pas le bassin en arrière, mais qui est en général mobile et semble constituer alors un coccyx (2). Chez les Pérennibranches, les vertèbres sont beaucoup plus nombreuses, et la région caudale prend un grand développement. La conformation des vertèbres présente aussi des différences considérables chez les Batraciens Anoures et chez les Batraciens

(1) Chez le Crapaud sonneur, ou *Bombinator fuscus*, les fosses temporales sont au contraire cachées sous une voûte osseuse qui se continue inférieurement avec les arcades zygomatiques (*a*) et ressemble à celle que nous avons déjà rencontrée dans la même région, chez les Tortues marines et les Lézards.

(2) Cuvier considère cette pièce comme étant une seconde vertèbre sacrée, et en effet, chez le Pipa, elle se soude à la vertèbre précédente (*b*) et entre dans la composition du bassin ; mais d'ordinaire ce stylet est libre, et la plupart des anatomistes le rapportent au coccyx (*c*).

(*a*) Dugès, *Op. cit.*, p. 14, pl. 2, fig. 11-14.

(*b*) Cuvier, *Ossem. foss.*, t. V, pl. 24, fig. 29.

— Mayer, *Anleitung für vergl. Anat.*, pl. 2, fig. 6.

(*c*) Schultze, *Ueber die ersten Spuren des Knochensystems* (Meckel's *Deutsches Archiv für die Physiol.*, 1818, t. IV, p. 381).

pisciformes : chez ces derniers, de même que chez le Têtard des Anoures, les cycléaux sont biconcaves, tandis que chez les premiers tous ces os, à l'exception de celui appartenant à l'atlas (1), sont convexes en arrière, et la surface articulaire ainsi constituée est reçue dans la cavité qui occupe la face postérieure du corps de la vertèbre suivante. En général, la plupart de ces segments rachidiens sont pourvus d'apophyses transverses bien développées (2) ; mais chez les Pérennibranches ces prolongements latéraux ne sont représentés que par des crêtes peu saillantes. Les apophyses épineuses sont d'ordinaire peu prononcées.

La particularité la plus importante que nous offre le squelette des Batraciens consiste dans l'absence ou l'état rudimentaire des côtes. Chez la Grenouille et les autres Anoures, ces os font en général complétement défaut (3), et chez les Urodèles, où ils existent, ils sont tellement courts, qu'ils ne contribuent presque en rien à la constitution des parois solides de la cavité viscérale (4). L'appareil sternal manque parfois complétement,

(1) La première vertèbre présente à la face antérieure de son corps deux facettes articulaires qui se joignent aux condyles de l'occiput.

(2) Chez le Pipa, les apophyses transverses de la troisième et de la quatrième vertèbre sont extrêmement longues et portent à leur extrémité une petite pièce costale cartilagineuse (*a*).

(3) Chez le Crapaud accoucheur, on trouve, à l'extrémité des apophyses transverses des deuxième, troisième et quatrième vertèbres, une petite pièce costale distincte (*b*).

(4) Ainsi, chez la Salamandre, les côtes sont de petits os styliformes s'articulant bout à bout avec les apophyses transverses et se dirigeant obliquement en dehors, mais trop courts pour gagner les parties latérales du corps. La première vertèbre en manque, ainsi que les vertèbres caudales (*c*).

Chez les Périnnibranches, elles sont encore plus courtes et cessent d'exister à partir de la neuvième vertèbre (*d*).

(*a*) Cuvier, *loc. cit.*, pl. 24, fig. 29.
(*b*) C. Morren, *Observ. ostéologiques sur l'appareil costal des Batraciens*, fig. 13 (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, 1836, t. X).
(*c*) Cuvier, *Op. cit.*, t. V, pl. 25, fig. 1.
(*d*) Exemple : le Protée ; voy. Cuvier, *loc. cit.*, pl. 27, fig. 14.
— La Sirène lacetine ; voy. Cuvier, *loc. cit.*, pl. 27, fig. 1.

et en général il n'est représenté que par des pièces cartilagineuses ou très-imparfaitement ossifiées, qui complètent en dessous la ceinture scapulaire, comme nous allons le voir bientôt. Il n'y a aucune trace de côtes sternales (1).

Dans la classe des Batraciens, de même que dans la classe des Reptiles, les membres peuvent manquer complétement ou n'être représentés que par une seule paire d'appendices. Le premier de ces modes d'organisation nous est offert par les Cécilies, et le second par les Sirènes; mais dans la grande majorité des cas il y a chez ces Animaux, comme chez la plupart des autres Vertébrés, quatre membres, et la charpente solide de ces appendices est constituée à peu près de même que chez ces derniers. La première particularité que je signalerai ici consiste dans l'état d'imperfection de l'appareil scapulaire, qui est en grande partie cartilagineux, mais se compose ordinairement de trois pièces osseuses : une omoplate, un coracoïde et une clavicule. Ces deux dernières pièces partent de la cavité glénoïdale située à l'extrémité de l'omoplate et divergent beaucoup entre elles; d'ordinaire elles sont réunies l'une et l'autre par leur bout inférieur au moyen d'une lame cartilagineuse qui en dessous rencontre sa congénère sur la ligne médiane du thorax, de façon à y former un plastron sternal dont l'extrémité postérieure s'articule avec une lame cartilagineuse médiane. Cette dernière pièce représente le sternum ou plutôt la portion xiphoïdienne du sternum, et souvent elle s'ossifie pareillement. Chez les Batraciens supérieurs, il y a aussi en avant un cartilage ou un os épisternal comparable au manubrium dont il a été plus d'une fois question dans la ceinture sterno-scapulaire des autres Vertébrés; mais chez les Batraciens pérennibranches toutes ces pièces sternales

(1) A moins qu'on ne considère comme des homologues de ces pièces les branches sus-pubiennes dont il sera fait mention ci-dessous chez les Salamandres.

peuvent manquer complétement, et les appareils scapulaires restent alors séparés entre eux à la face inférieure du corps aussi bien que du côté dorsal. Les Protées et les Ménobranches nous offrent ce mode d'organisation (1).

Le bassin des Anoures présente une forme très-singulière. Les os iliaques, très-allongés et très-étroits, sont fixés au rachis par leur extrémité antérieure, et se réunissent entre eux par leur extrémité postérieure, où ils constituent avec les pièces pubiennes et ischiatiques un disque vertical et médian dont les faces latérales sont creusées par les fosses cotyloïdiennes. Il en résulte que les articulations coxo-fémorales, au lieu d'être comme d'ordinaire plus ou moins écartées entre elles, sont réunies sur la ligne médiane, disposition dont nous verrons l'utilité, lorsque nous étudierons le mécanisme de la natation. La tête du fémur n'est pas portée sur un col; le périoné est confondu avec le tibia (2); les deux os principaux du tarse sont très-allongés et soudés entre eux à leurs deux extrémités ou même dans toute leur longueur (3); enfin il existe au bord externe du tarse un petit appendice qui peut être considéré comme le rudiment d'un sixième doigt.

Chez les Batraciens urodèles le bassin, est fort réduit.

Chez les Salamandres, on y remarque en avant du pubis une

(1) Pour plus de détails sur la conformation de cette partie du squelette de Batraciens, je renverrai particulièrement au travail spécial publié récemment sur la ceinture scapulo-sternale par M. Parker, et accompagné de nombreuses figures (*Ray's Society*, 1868).

(2) Souvent la distinction entre ces deux] os persiste à l'intérieur, ou leurs canaux médullaires restent séparés (*a*).

(3) Cette fusion a lieu chez le Crapaud accoucheur, ou *Obstetricus punctatus* (*b*); mais d'ordinaire il existe entre ces deux os un espace vide (*c*), et chez le *Bombinator fuscus* ils restent toujours distincts (*d*).

(*a*) Exemple : la Salamandre ou Triton à crête; voy. Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Ann. des sc. nat.*, 1824, t. XXIV, pl. 13, fig. 8).
(*b*) Dugès, *Op. cit.*, pl. 4, fig. 39.
(*c*) Idem, *Op. cit.*, pl. 4, fig. 38.

fourche cartilagineuse à deux branches, qui s'avance dans l'épaisseur des parois musculaires de l'abdomen, et rappelle un peu, soit les os sus-pubiens des Crocodiles, soit les os marsupiaux des Mammifères didelphiens (1).

Le squelette des Axolotls ressemble beaucoup à celui des Salamandres, mais chez d'autres Pérennibranches le bassin se simplifie, les pieds ne s'ossifient qu'incomplétement, et le nombre des doigts est très-réduit. Ainsi chez l'*Amphiuma means* il n'y a que deux doigts presque rudimentaires (2), et chez le Protée les pattes postérieures sont également didactyles, tandis que les pattes antérieures sont tridactyles.

Squelette des Poissons.

§ 15. — Le squelette des Poissons (3) s'éloigne davantage de ce que nous avons vu jusqu'ici. Quelquefois il perd beaucoup de son importance ordinaire, et alors il varie considérablement dans son mode de conformation ; d'autres fois, au contraire,

(1) Cette pièce cartilagineuse est bien constituée chez la Salamandre terrestre (*a*).

(2) Chez l'Axolotl (*b*), il y a comme d'ordinaire quatre doigts aux pattes antérieures et cinq doigts aux pattes postérieures ; chez les Monobranches, il y a, à toutes les pattes, quatre doigts peu distincts ; chez une espèce d'Amphiume, il n'y a que trois doigts (*c*), et chez une autre espèce du même genre ce nombre est réduit à deux (*d*).

(3) Les principales publications sur le squelette des Poissons sont, indépendamment des traités généraux d'anatomie comparée déjà cités, les ouvrages dont voici les titres (*e*) ; mais je crois utile d'indiquer aussi quelques

(*a*) Funk, *De Salamandra terrestre tractatus*, pl. 2, fig. 21.

(*b*) Cuvier, *Mém. du Muséum*, t. XIV, pl. 4.

— Calori, *Sulla anat. dell' Axolotl* (*Mem. della Accad. delle scienze di Bologna*, 1851, t. III, p. 269, pl. 22).

(*c*) Cuvier, *Sur un genre de Reptiles batraciens nommé* Amphiuma (*Mém. du Muséum*, 1827, t. XIV, pl. 2, fig. 15-18).

(*d*) Wagler, *Descript. et icones Amphibiorum*, pl. 19, fig. 2.

(*e*) Cuvier et Valenciennes, *Hist. nat. des Poissons* (ostéologie de la Perche), t. I, pl. 1-3.

— Rosenthal, *Ichthyologische Tafeln*, in-fol. Berlin, 1812-1839.

— Kuhl, *Beitr. zur Osteologie der Fische* (*Beitr. zur Zool. und vergleich. Anat.*, 1820, t. I, p. 181).

— J. Van der Hoeven, *Dissert. inaug. de sceleto Piscium*. Leyde, 1822.

— Bakker, *Osteographia Piscium*. Groningue, in-8°, 1822. — *Icones ad illustrandum Piscium Osteographiam*, in-4°.

— Agassiz et Vogt, *Anatomie des Salmonés* (*Mém. de la Soc. des sciences nat. de Neufchâtel*, t. III, 1845).

— Agassiz, *Rech. sur les Poissons fossiles*, t. I, chap. 5, p. 91, et t. V, pl. M.

— Owen, *Teleology of the Skeleton of Fishes* (*Edinb. new Philos. Journal*, 1846, t. XLII, p. 216).

tout en offrant, à certains égards, des caractères d'imperfection très-grande, il présente une complication de structure beaucoup plus considérable que chez aucun autre Vertébré. Nous avons déjà eu l'occasion de voir le grand développement que prennent chez ces Animaux l'appareil hyoïdien (1) et la charpente osseuse de la face (2) ; le système rachidien s'enrichit aussi de pièces qu'on ne rencontre pas chez les Vertébrés supérieurs, et, indépendamment des parties constituées par le système appendiculaire latéral, c'est-à-dire par les membres et leurs dépendances, il y a presque toujours une multitude d'osselets impairs situés sur la ligne médiane et occupant la périphérie du tronc, où ils soutiennent des replis de la peau et constituent un système de rayons en connexion avec la colonne vertébrale, sans en être une dépendance, disposition qui appartient exclusivement à la grande division zoologique dont l'étude va nous occuper. Le système sternal au contraire manque, ou n'est représenté que par des vestiges sans importance.

autres sources où l'on trouve des détails sur l'ostéologie spéciale de divers types ichthyologiques (*a*).

(1) Voyez tome II, p. 209 et suiv.

(2) Voyez tome VI, page 24 et suivantes.

(*a*) Treviranus, *Vergl. Beschr. des Skelets von Rochen und Haifische* (Wiedemann's *Archiv. für Zool.*, 1805, t. IV, p. 2).
— Wellenberg, *Observationes anatomicæ de Orthragorisco Mola*, Leyde, 1840.
— Cleland, *On the Anatomy of the short Sun-fish* (*Nat. Hist. Review*, 1862, t. II, p. 173, pl. 5 et 6).
— Baer, *Ueber das Skelet der Nawaga-Gaden Nauago* (*Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1838, t. III, p. 359).
— Erdl, *Beschr. des Skeletes von* Gymnarchus niloticus (*Abh. der Bayr. Akad.*, 1847, t. V, p. 209).
Cleland, *On the Skeleton of Malapterurus* (*Edinb. new. Philos. Journ.*, 1858, new series, t. VIII, p. 177).
— Dareste, *Observ. sur l'ostéologie du Poisson appelé Triodon macroptère* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1849, t. XII, pl. 1). — *Études sur les types ostéologiques des Poissons osseux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1873).
— Hollard, *Monogr. de la famille des Balistides* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1853, t. XX, p. 83, pl. 1-3). — *Monogr. de la famille des Ostracionides* (*Op. cit.*, 1857, t. VII, p. 121). — *Études sur les Gymnodontes, et en particulier sur leur ostéologie* (*Op. cit.*, 1857, t. VIII, p. 277). — *Mém. sur le squelette des Poissons plectognathes étudié au point de vue des caractères qu'il peut fournir pour la classification* (*Op. cit.*, 4e série, 1800, t. XIII, p. 5, pl. 2 et 3).
— J. Müller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden*, 1835, t. I.
— Gunther, *Descr. of* Ceratodus (*Phil. Trans.*, 1871, p. 511).
— Henle, *Ueber Narcine*, pl. 4.

Ainsi que je l'ai déjà dit, le squelette des Poissons est tantôt osseux, tantôt cartilagineux seulement ou très-imparfaitement ossifié (1). Les Poissons osseux sont les plus nombreux, et c'est chez eux que la conformation de la charpente solide offre le moins de variabilité. Les Poissons cartilagineux ne forment pas un groupe naturel, comme le pensent quelques naturalistes, et se rapportent à deux types bien distincts : les Sélaciens ou Plagiostomes d'une part, les Cyclostomes d'autre part.

Système rachidien.

Chez tous ces Animaux, la tige rachidienne se constitue chez l'embryon de la même manière que chez les Vertébrés supérieurs ; mais, en se développant, elle ne subit pas des changements aussi grands, et elle conserve toujours, à certains égards, un caractère juvénile dont les Batraciens ichthyomorphes nous ont déjà offert des exemples. En effet, la notocorde primordiale ne disparaît pas, et elle occupe chez l'Animal parfait l'axe de la colonne formée par les cycléaux ou représentant cette série de pièces centrales.

Chez quelques Poissons de l'ordre des Cyclostomes, les Branchiostomes et les Myxines, par exemple, le rachis conserve même presque entièrement son état primordial. La corde dorsale, en se développant, ne se segmente pas, et chez l'Animal

(1) Ainsi que nous l'avons vu dans une Leçon précédente (a), le tissu osseux du Poisson diffère du tissu osseux des Animaux supérieurs par l'absence d'ostéoblastes ou corpuscules osseux. Quelquefois ce tissu présente si peu de dureté, que, tout en ayant les caractères histologiques essentiels des os, il se laisse couper en tranches même avec la plus grande facilité. Cette structure se rencontre chez l'*Orthragoriscus Mola*, où beaucoup de parties du squelette restent à l'état cartilagineux, et Duméril a désigné le tissu osseux de ces Poissons sous le nom de *cartilage fibreux* (b). Mais les observations récentes de M. Harting montrent que l'apparence particulière de cette substance dépend d'une certaine alternance de tissu ossifié et de parties fibreuses.

(a) Voyez ci-dessus, page 202.

(b) Harting, *Notice zool. anat. et histol. sur l'*Orthragoriscus (*Acad. des sciences d'Amsterdam*, t. X, p. 27, pl. 4-8).

adulte, comme chez l'embryon, la colonne vertébrale est constituée par un cylindre de tissu utriculaire logé dans une gaîne membrano-fibreuse continue et épaisse. Cette gaîne se compose de deux feuillets qui restent intimement unis entre eux en dessous et sur les côtés, mais qui s'écartent l'un de l'autre en dessus, de façon à laisser sur la face dorsale du cylindre un espace libre, lequel y constitue un tube longitudinal où se loge la moelle épinière. La voûte de ce canal rachidien correspond à la série des arcs neuraux ou lames vertébrales de la colonne rachidienne des Vertébrés supérieurs, et sur la ligne médiane elle donne naissance à une expansion lamelleuse longitudinale qui s'élève verticalement à la façon de la crête formée d'ordinaire par la série des apophyses épineuses. Enfin, dans la portion postérieure du corps, la corde rachidienne est garnie d'une seconde expansion de même nature, mais dirigée en sens inverse. Ce prolongement circonscrit à sa base un canal hémal analogue au canal rachidien, mais occupé par des vaisseaux sanguins seulement, et il descend en manière de cloison médiane entre les muscles de la région caudale.

Chez les Lamproies, qui appartiennent également au groupe naturel des Cyclostomes, la portion centrale du système rachidien conserve aussi sa forme primordiale (1); mais l'arceau dorsal du canal neural, au lieu d'être constitué seulement par une lame membrano-fibreuse, est renforcé de chaque côté par une série de petites pièces cartilagineuses analogues aux neurapophyses des vertèbres ordinaires. Ainsi, chez ces Animaux, la

(1) Cuvier n'a pas méconnu la nature de la tige rachidienne des Lamproies (*a*); mais on n'a pu se rendre bien compte des caractères anatomiques de cette partie du squelette qu'après avoir étudié le mode de développement de la colonne vertébrale en général (*b*).

(*a*) Cuvier, *Mém. sur la composition de la mâchoire supér. des Poissons, etc.* (*Mém. du Muséum*, 1815, t. I, p. 129).
(*b*) Müller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden*, t. I, pl. 4, fig. 1-4; pl. 5, fig. 2, etc.

segmentation de l'appareil rachidien s'effectue dans l'arceau dorsal, tandis que le cylindre représentant le corps des vertèbres reste indivis.

Un mode d'organisation analogue, quoique perfectionné, se rencontre chez les *Lepidosiren* (1), chez les Esturgeons (2)

(1) Chez le *Lepidosiren*, le système vertébral se compose principalement d'une tige cylindrique sub cartilagineuse qui est revêtue d'une gaîne fibreuse et d'une série de pièces neurales paires, disposées en manière de toit au-dessus de la moelle épinière et soudées entre elles sur la ligne médiane, où elles portent une apophyse épineuse styliforme. Dans la région caudale, ces apophyses montantes cessent d'être distinctes des pièces neurales et leur base est simplement bifurquée. Les rayons de la nageoire dorsale s'articulent bout à bout avec ces apophyses. Latéralement, la tige rachidienne donne insertion à des côtes osseuses qui se dirigent en dehors dans la région abdominale et qui, dans la région caudale, sont remplacées par des apophyses épineuses descendantes, bifurquées à leur base, mais impaires et médianes dans le reste de leur étendue (*a*).

(2) La tige rachidienne des Esturgeons (*b*) est constituée principalement par la corde dorsale revêtue de sa gaîne, surmontée d'une double série de neurapophyses et portant en dessous des apophyses descendantes; la corde dorsale conserve une consistance gélatineuse et se compose de grandes cellules transparentes. D'après M. Molin, son axe serait occupé par un petit canal (*c*), et à sa surface on trouve une couche mince de cellules très-petites (*d*). La gaîne fibreuse présente des vestiges d'une série de cycléaux (*e*). Les neurapophyses (ou pièces crurales) sont triangulaires et se réunissent en ogive au-dessus de la moelle épinière; dans la région ventrale, elles portent une apophyse épineuse, mais dans la région caudale elles en sont dépourvues et ne sont même réunies entre elles que par une membrane fibreuse. Les arcs supérieurs, ainsi constitués, sont séparés entre eux par des pièces intercrurales, comme chez les Plagiostomes (*f*), et dans le voisinage de la tête leur bord inférieur descend sur les côtés de la corde dorsale, de façon à rejoindre la base des apophyses inférieures (*g*). Dans la portion antérieure du corps,

(*a*) Bischoff, *Descr. anat. du* Lepidosiren paradoxa (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1840, t. XIV, pl. 7, fig. 1).

— Owen, *Descr. of the* Lepidosiren annectens (*Trans. of the Linn. Soc.*, 1839, t. XVIII, pl. 23, fig. 4).

(*b*) J. Muller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden*, t. I, pl. 9, fig. 10.

(*c*) Molin, *Sullo skeletro del* Acipenser ruthenus (*Sitzungsber. der Wien. Akad.*, 1851, t. VII, p. 363).

(*d*) Leydig, *Anat. hist. Untersuch. über Fische und Reptilien*, p. 3.

(*e*) Mayer, *Ueber die Chorda dorsalis bei den Tauben* (*Arch. f. Naturgesch.*, 1865, p. 342).

(*f*) Stannius, *Die periph. Nervensystem*, 1849, pl. 4, fig. 3.

(*g*) Agassiz, *Op. cit.*, t. II, p. 278, pl. E.

— Molin, *loc. cit.*, pl. 1, fig. 3.

et chez quelques Plagiostomes (1) ; mais chez la plupart de ces derniers Poisso ns cartilagineux, l'individualité des vertèbres devient complète, et chacun de ces tronçons de la colonne rachidienne se compose d'un centrum ou pièce cycléale, d'un arceau dorsal et souvent d'un arceau ventral (2). Le centrum, ou corps de la vertèbre, est un disque épais dont l'une et l'autre face sont ordinairement creusées d'une cavité conique très-profonde (3). Les sommets de ces fosses se rencontrent presque ; mais à l'état frais ils sont séparés entre eux par un

les apophyses inférieures affectent la forme de côtes, mais, plus en arrière, elles se raccourcissent beaucoup et embrassent l'aorte ; enfin, dans la queue elles donnent naissance à une apophyse médiane (*a*).

Chez la Chimère, on aperçoit dans la gaîne fibreuse de la corde dorsale une multitude de petits anneaux cartilagineux, dont le nombre est beaucoup plus grand que celui des pièces neurales (*b*).

(1) La structure des vertèbres chez les Plagiostomes a été l'objet de plusieurs travaux spéciaux, parmi lesquels je citerai principalement ceux de J. Müller, de Stark, de M. Kölliker, etc. (*c*).

(2) Chez le Squale griset (*Hexanchus griseus*) et le Squale perlon (*Heptanchus cinereus*), que Cuvier réunissait sous le nom générique de *Notidanus*, la gaîne fibreuse de la tige vertébrale est continue ; de sorte qu'extérieurement elle ne présente pas de segmentation visible, mais à l'intérieur la corde dorsale est divisée en rondelles par des lames membraneuses percées au centre (*d*). Les arcs vertébraux sont distincts entre eux.

Chez les Raies, la portion antérieure de la colonne rachidienne est constituée par une seule pièce solide (*e*).

(3) Chez quelques Plagiostomes, les deux surfaces du corps de la vertèbre, au lieu d'être creusées de la sorte, sont planes : par exemple, chez le Squale renard (*f*).

(*a*) Rosenthal, *Ichthyotomische Tafeln*, pl. 27, fig. 1.
— J. Müller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden*, pl. 5, fig. 1.
(*b*) Brandt et Ratzburg, *Med. Zool.*, t. II, pl. 4, fig. 1 et 3.
(*c*) J. Müller ; voyez Agassiz, *Poissons fossiles*, t. III, p. 360 et suiv., pl. 40 *b*.
— Stark, *On the existence of an osseous Structure in the vertebral Column of Cartilagineous Fishes* (*Trans. Roy. Soc. of Edinburgh*, 1844, t. XV, p. 643).
— Kölliker, *Weitere Beobachtungen über die Wirbel der Selachien, insbesondere über die Wirbel der Lemnoidei, nebst allgemeinen Bemerkungen über die Bildung der Wirbel der Plagiostomien* (*Senkenb. Abhandl. Frankfurt*, 1863, t. V).
— Aug. Müller, *Zur vergl. Anat. der Wirbelsäule* (J. Müller's *Archiv f. Anat.*, 1853, p. 260, pl. 8).
(*d*) Müller ; voyez Agassiz, *Poissons fossiles*, t. III, p. 263, pl. 40 *b*.
(*e*) A. Duméril, *Hist. nat. des Poissons*, t. I, p. 14, pl. 10, fig. 9.
(*f*) Idem, *Op. cit.*, t. I, p. 17.

tissu subcartilagineux (1), de façon que le canal primordial de la corde dorsale est interrompu, et que les espaces intervertébraux résultant du rapprochement des cavités coniques contiguës, appartenant à deux vertèbres, se trouvent complétement clos (2). Le centrum, ou cycléal, peut rester cartilagineux ou s'ossifier plus ou moins complétement (3), et l'on rencontre, dans la disposition des couches au moyen desquelles ce disque s'accroît, des différences qui influent beaucoup sur ses caractères extérieurs, sans avoir cependant une importance considérable (4).

(1) Par la macération, ce tissu se détruit facilement, de façon que, sur les préparations anatomiques, les vertèbres de ces Poissons cartilagineux sont en général perforées au centre comme le sont celles des Poissons osseux.

(2) Un fibro-cartilage très-épais adhère aux bords de la fosse conique creusée dans le corps de la vertèbre, et joint solidement ce bord à la partie correspondante de la vertèbre adjacente (*a*). La chambre intervertébrale formée de la sorte est occupée principalement par un liquide coagulable dont l'abondance est parfois très-grande et dont les usages dans le mécanisme de l'articulation des vertèbres est facile à comprendre (*b*). Par sa composition chimique, ce liquide a de l'analogie avec le mucus (*c*).

(3) Les vertèbres sont complétement cartilagineuses pendant toute la vie chez les *Echinorhinus* et les *Notidanus* (Hexanchus et Heptanchus).

Chez d'autres Plagiostomes, le corps des vertèbres est très-incomplétement ossifié, et présente tantôt des couches demi-ossifiées qui alternent avec les couches cartilagineuses, ainsi que cela se voit chez les *Squatines*; tantôt une couche osseuse très-mince à la surface des cavités articulaires et dans sa partie centrale, qui est enveloppée par des cartilages : par exemple chez les *Acanthias*, les *Centrines* et les *Spinax*; et d'autres fois une sorte d'écorce osseuse commune, disposition qui se voit chez les *Scymnus*.

Enfin, chez les *Scyllium*, les *Carcharias*, les *Zygæna*, les *Mustelus*, les *Galeus* et les *Galeocerdo*, l'ossification du corps des vertèbres est presque complète, et l'on ne trouve du tissu cartilagineux qu'à la base des pièces crurales et transversales. Il en est à peu près de même chez les *Lamna*, les *Selache*, les *Alopias*, etc. Seulement la périphérie, au lieu d'être lisse, est sillonnée par de nombreuses fissures remplies de cartilage.

(4) Chez plusieurs Sélaciens, les couches annulaires et concentriques

(*a*) Blainville, *Mém. sur le Squale pèlerin* (*Ann. du Muséum*, t. XVIII).

(*b*) Edward Home, *An Anat. Account of the* Squalus maximus (*Phil. Trans.*, 1809).

(*c*) Chevreul, *Expériences chimiques sur le cartilage du* Squalus peregrinus (*Ann. du Muséum*, 1811, t. XVIII, p. 154).

L'arceau neural présente chez les Plagiostomes des particularités remarquables : les pièces cartilagineuses qui en forment la base, et qui correspondent aux neurapophyses des vertèbres ordinaires, sont doubles, et chacune de ces pièces est pourvue d'un trou spécial ou d'une échancrure pour le passage de l'une des racines du nerf spinal correspondant. Tantôt ces pièces se rejoignent en dessus du canal spinal ; d'autres fois elles sont séparées entre elles à leur bord supérieur par une pièce complémentaire qui représente l'apophyse épineuse (1).

Chez la plupart des Poissons osseux, les vertèbres se per-

au moyen desquelles se fait l'accroissement du cycléal ne s'étendent pas dans les parties où s'insèrent les pièces neurales et hémales, qui restent à l'état cartilagineux, et il en résulte que les racines de ces pièces demeurent implantées dans le disque comme autant de chevilles molles qui seraient disposées en croix. Ce mode d'organisation se voit chez le Squale pèlerin ou *Selache maximus* (*a*). Une structure analogue existe chez le Squale renard, où les couches d'accroissement, au lieu d'être concentriques, sont rayonnantes (*b*).

(1) J. Müller, à qui l'on doit une étude approfondie de cette partie du squelette des Plagiostomes (*c*), désigne sous le nom de *pièces crurales*, les pièces qui surmontent directement le cycléal ou corps de la vertèbre, et d'*intercrurales* celles qui sont intercalées entre les précédentes et correspondent aux articulations intervertébrales ; enfin, il appelle pièces *surcrurales*, ou *intervertébrales*, les médianes supérieures.

Tantôt les cartilages cruraux et les cartilages intercruraux sont à peu près de même grandeur, et rangés sur une même ligne : par exemple, dans la portion antérieure du rachis du *Rhina Squatina* (*d*) ; d'autres fois les intercruraux sont repoussés audessus des cruraux et forment une seconde rangée, ainsi que cela se voit dans la partie postérieure du corps chez le même Poisson (*e*).

Chez le *Rhinobatus lævis*, les cartilages cruraux se prolongent inférieurement sur les côtés du corps de la vertèbre, et vont rejoindre les cartilages transversaux qui dépendent de l'arceau hémal ; il en résulte une sorte de grillage qui cache la plus grande partie de l'axe du rachis (*f*).

(*a*) Blainville, *Op. cit.*
— Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. I, p. 33, fig. 1.
(*b*) A. Duméril, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 8.
(*c*) Voyez Agassiz, *Poissons fossiles*, t. III, p. 380, pl. 40 *b*.
(*d*) Duméril, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 4.
(*e*) Idem, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 3.
(*f*) Idem, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 5.

fectionnent davantage, mais leur corps reste perforé au centre, et la corde dorsale, quoique très-réduite et fort étranglée au milieu de chaque segment rachidien, conserve son intégrité. Chaque cycléal, en grandissant, s'évase en avant aussi bien qu'en arrière; l'une et l'autre de ses surfaces se trouvent donc creusées en forme d'entonnoir, et les deux fosses coniques, conjuguées par leur sommet, communiquent entre elles par le pertuis traversé par la notocorde. Le corps de la vertèbre affecte donc une forme assez semblable à celle d'un sablier qui serait couché longitudinalement (1), et en s'unissant à ses congénères, il circonscrit en avant comme en arrière une cavité biconique occupée par une substance gélatineuse due à la persistance du tissu utriculaire de la corde dorsale (2). Le Lépidostée fait exception à cette règle : la face antérieure du corps de chaque vertèbre se développe en forme de tête arrondie, et se loge dans une cavité glénoïdale dont la face postérieure de la vertèbre adjacente est creusée (3).

L'articulation des vertèbres entre elles se fait principalement, souvent même uniquement, par les bords des cavités coniques dont je viens de parler (4). Chez quelques Poissons,

(1) Les parois des cavités coniques du corps de la vertèbre sont compactes, lisses et en général annelées, mais à l'extérieur la portion intermédiaire de l'os est d'ordinaire plus ou moins caverneuse, et présente de chaque côté des fossettes plus ou moins profondes (*a*).

(2) Dans le principe, le tissu de la corde dorsale est composé seulement d'utricules mêlées à une très-petite quantité de substance intercellulaire amorphe; mais, par les progrès du travail organogénique, des fibres élastiques s'y développent en nombre croissant, d'abord dans la partie périphérique, ensuite vers le centre (*b*).

(3) Chez les Lépidostées, les cycléaux s'articulent donc entre eux par ginglyme, comme chez les Reptiles (*c*).

(4) Des expansions fibreuses garnissent ces bords et relient les vertèbres entre elles.

(*a*) Par exemple chez les *Carcharias*; voyez Agassiz, *Op. cit.*, t. III, pl. 40 *b*, fig. 12 et 13.

(*b*) Agassiz et Vogt, *Anat. des Salmonés*, p. 56.
— Wyman, *On the Development of the dorsal Chord of Alosa* (*Proceed. Boston Soc. of Nat. Hist.*, 1856, t. V, p. 394).

(*c*) Agassiz, *Poissons foss.*, t. II, p. 13, pl. B'', fig. 1.

plusieurs de ces os se soudent entre eux dans le voisinage de la tête, mais cette disposition est rare (1).

Les branches montantes qui constituent l'arc neural et complètent en dessus le canal vertébral, se rapprochent rapidement l'une de l'autre, et se réunissent bientôt pour constituer une apophyse épineuse médiane ; il est rare qu'elles restent distinctes du cycléal (2), et d'ordinaire elles représentent à la fois les neurapophyses et l'os spinal (3). Presque toujours les apophyses épineuses, ainsi constituées, sont grêles et très-allongées (4) ; à l'extrémité du rachis, elles s'élargissent souvent et se soudent entre elles de façon à constituer une lame verticale dont le bord donne insertion à la nageoire caudale.

Les apophyses transverses, ou parapophyses, ne manquent que rarement chez les Poissons osseux ; mais la disposition qu'elles affectent est très-différente dans la région caudale et dans la région abdominale (5). Dans cette dernière partie, au

(1) Chez la Fistulaire, ou Bec-en-flûte, les quatre premières vertèbres sont soudées de la sorte, et se font aussi remarquer par l'excessif allongement de leur corps (*a*).

Chez les Pleuronectes, il y a quelquefois soudure entre les deux premières vertèbres caudales, qui simulent ainsi un sacrum (*b*).

(2) Souvent les deux branches montantes de cette apophyse épineuse, avant de se confondre entre elles, sont réunies par une traverse qui complète la voûte du canal rachidien et laisse au-dessus une petite ouverture traversée par un ligament filiforme (*c*).

(3) Chez les Polyptères, l'apophyse épineuse reste distincte de l'arc vertébral sous-jacent et n'y est unie que par une articulation ligamenteuse. Ce mode d'organisation existait aussi chez les Ganoïdes fossiles (*d*) ; mais chez les autres Poissons il y a ankylose ou fusion primordiale entre les parties.

(4) Chez quelques Poissons, elles sont au contraire courtes et lamelleuses : par exemple chez le Tétraptérure, où elles constituent une crête médiane presque continue (*e*). Chez le Thon, elles présentent une forme analogue vers la partie postérieure du corps.

(5) Chez les Poissons, le système rachidien ne se divise pas en plusieurs

(*a*) Rosenthal, *Ichthyologische Tafeln*, pl. 9, fig. 8-13.
(*b*) Owen, t. I, p. 42, fig. 3 *b*.
(*c*) Exemple : les Salmonés ; voyez Agassiz et Vogt, pl. E, fig. 14.
— L'Esturgeon ; voyez Brandt et Ratzeburg (*Med. Zool.*, t. II, pl. 4, fig. 4).
(*d*) Agassiz, *Poissons foss.*, t. II, p. 46.
(*e*) Cuvier et Valenciennes, *Hist. des Poissons*, t. VIII, pl. 227.

lieu de se diriger en dehors comme d'ordinaire, elles se portent en bas, se rapprochent l'une de l'autre, et bientôt se confondent de façon à constituer une épine médiane descendante qui répète en tout la conformation de l'épine ascendante due à l'union des neurapophyses avec l'apophyse épineuse, et qui est perforée d'avant en arrière à sa base pour livrer passage aux gros troncs médians du système vasculaire. Le canal sous-rachidien résultant de la succession sérialaire de ces pertuis ressemble beaucoup au canal rachidien, qui est situé du côté dorsal du rachis et qui loge la moelle épinière (1). Souvent ces apophyses épineuses inférieures s'élargissent et se soudent entre elles à l'extrémité postérieure de la région caudale, de façon à constituer une lame osseuse verticale qui donne attache à la nageoire caudale, et en même temps la portion correspondante de la tige rachidienne se relève, puis s'atrophie ; de sorte que la base de la nageoire dont je viens de parler, au lieu d'être inférieure, devient terminale (2).

Dans la région abdominale, les apophyses transverses sont peu développées, mais elles portent presque toujours des côtes vertébrales qui cloisonnent latéralement la chambre viscérale et sont libres à leur extrémité inférieure (3). Parfois ces côtes s'articulent directement avec le corps des vertèbres correspondantes, et chez quelques Poissons elles accompagnent les premières épines descendantes constituées, comme nous venons

régions, comme chez les Vertébrés supérieurs, et n'est partagé qu'en deux portions, dont l'une, faisant suite à la tête, correspond à la totalité de la cavité viscérale ou abdominale, et l'autre appartient à la queue.

(1) Tantôt ces apophyses épineuses inférieures se soudent au corps de la vertèbre correspondante ; d'autres fois elles y sont articulées seulement : par exemple chez les Salmones (*a*), les Brochets, les Cyprins, etc.

(2) Cette transformation de la portion postérieure du système rachidien se voit très-bien chez les Truites (*b*).

(3) Les côtes manquent complétement, ou en majeure partie, chez les Baudroies (*c*), les Fistulaires, les Cycloptères ou Poissons-lunes, les Diodons, les Tétrodons, les Syngnathes, etc.

(*a*) Agassiz et Vogt, *Op. cit.*, p. 37.
(*b*) Agassiz et Vogt, *Op. cit.*, pl. A.
(*c*) Agassiz, *Op. cit.*, t. V, pl. M.

de le voir, par le rapprochement des parapophyses (1) ; mais, en général, elles n'envahissent pas la portion caudale du système rachidien (2). Il est aussi à noter que souvent les expansions aponévrotiques qui en partent donnent naissance à des stylets osseux, et que ces pièces annexes simulent parfois des côtes surnuméraires (3). Quelquefois même des stylets analogues

(1) Par exemple, chez les Saumons.

(2) Agassiz résume de la manière suivante la série des différences présentées par la colonne vertébrale dans la classe des Poissons (*a*) :

§ 1. Corde dorsale continue, avec une gaîne fibreuse qui forme un tube pour la moelle épinière. Point de pièces solides ; point de divisions vertébrales. — *Myxinoïdes*, *Ammocètes*.

§ 2. Corde dorsale continue ; à la face extérieure du tube de la moelle des neurapophyses cartilagineuses qui ne sont pas fermées ; des apophyses intercalaires. — *Petromyzontes*.

§ 3. Corde dorsale continue ; neurapophyses fermées et hémapophyses cartilagineuses. Côtes cartilagineuses ; des apophyses épineuses supérieures. — *Accipenser*, *Chimères*, *Polyodons*.

§ 4. Corde dorsale continue ; neurapophyses et hémapophyses ossifiées et fermées ; des apophyses épineuses supérieures et inférieures. Côtes et apophyses osseuses. — *Lepidosiren* ; *la plupart des Ganoïdes fossiles*.

§ 5. Corde dorsale continue, avec des compartiments intérieurs invisibles à l'extérieur. Pièces périphériques complètes, cartilagineuses. — *Notidanus* ou *Grisets*.

§ 6. Vertèbres distinctes, incomplètement ossifiées, creusées en doubles cônes. Pièces périphériques cartilagineuses. — *Acanthias*, *Centrina*.

§ 7. Vertèbres distinctes, ossifiées ; apophyses incomplétement ossifiées ; des apophyses intercalaires. — *Requins en général*.

§ 8. Vertèbres distinctes, en doubles cônes ; des apophyses intercalaires ; des pièces surnuméraires pour la fermeture des neurapophyses. — *Scyllium*, *Galeus*, *Carcharias*, *Musteluus*.

§ 9. Vertèbres en doubles cônes ; apophyses ossifiées ; des apophyses musculaires. — *Tous les autres Poissons, excepté ceux mentionnés dans les paragraphes suivants*.

§ 10. Vertèbres en doubles cônes ; de véritables apophyses transverses. — *Polyptères*, *Pleuronectes*.

§ 11. Vertèbres à face articulaire antérieure bombée et à face postérieure concave (type des Reptiles). — *Lepidostée*.

(3) Cela a fait dire à Cuvier que, chez quelques Poissons, on trouve deux paires de côtes dépendantes d'une même vertèbre (*b*).

(*a*) Agassiz, *Poissons fossiles*, t. I, p. 100.
— Voyez aussi à ce sujet : Kölliker, *Weitere Beobachtungen über die Wirbel des Selachier*, etc. (*Senkenberg Abhandl.*, 1863, t. V).
— Heckel, *Ueber das Wirbelsäulenende bei Ganoiden und Teleosteen* (*Sitzungsber. der Akad. der Wissensch.*, Vienne, 1850, t. V, p. 143).

(*b*) Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édit., t. I, p. 266.

partent du corps de la vertèbre et de l'arceau neural; il en résulte une grande multiplicité des branches centrifuges du système rachidien, ainsi que cela se voit chez le Hareng, où les arêtes, comme chacun sait, sont à la fois très-fines et extrêmement nombreuses (1).

Chez les Cyprins, les Loches et les Silures, il existe sous la portion antérieure de la colonne vertébrale diverses pièces osseuses qui sont en relation avec la vessie natatoire et qui ont été considérées par quelques anatomistes comme étant les représentants des osselets de l'ouïe des Vertébrés supérieurs, mais qui ne paraissent être en réalité que des dépendances du système vertébral plus ou moins modifiées (2).

(1) On distingue entre elles ces pièces accessoires par des noms tirés de leurs connexions avec les diverses parties de la vertèbre ou de ses annexes.

Chez le Hareng, on compte deux cent cinquante-six paires de ces arêtes annexes (a).

On peut considérer comme étant des productions du même ordre les apophyses montantes accessoires qui, chez les Hypostomes, se trouvent sur les côtes des apophyses épineuses des sept premières vertèbres et supportent autant de plaques osseuses du système tégumentaire.

(2) Chez la Carpe, on trouve sous le corps de la seconde vertèbre une chaîne de quatre osselets, qui s'étend de l'extrémité antérieure de la vessie natatoire à la base du crâne, où elle est en relation avec l'appareil auditif. Weber les considérait comme étant les représentants du marteau, de l'enclume, du lenticulaire et de l'étrier de l'oreille humaine (b). Cette opinion fut combattue par Geoffroy, mais sans être remplacée par une autre hypothèse plus acceptable (c), et la question ne fit que peu de progrès (d), jusqu'à ce que M. Baudelot eût publié sur les connexions anatomiques de ces parties de nouvelles observations tendantes à établir que les osselets de Weber sont des démembrements de l'arceau inférieur de deux vertèbres confondues entre elles (e).

Chez la Loche (*Cobitis fossilis*), où

(a) Cuvier et Valenciennes, *Op. cit.*, t. XX, p. 46, pl. 593.
(b) E. H. Weber, *De aure et auditu Hominis et Animalium*, p. 46, pl. 3, fig. 9, etc.
(c) Geoffroy Saint-Hilaire, *Mém. de l'Acad. des scienc.*, 1827, t. VII, p. clxvij.
(d) S. Mulder, *Iets anngaande de Beentjes, du men bij de Cyprini aan de eerste Wervels verbonden vindt* (*Bijdragen tot de Natuurkundige Wetenschappen verzamelt dour v. Hall Vrolck en G. Mulder*, 1831, t. VI, p. 84, pl. 1).
— Breschet, *Rech. sur les organes de l'ouïe des Poissons*, pl. 13, fig. 6 (*Mém. de l'Acad. des scienc.*, *Sav. étrang.*, 1838, t. V).
— Duvernoy, *Anat. comp. de Cuvier*, 2ᵉ édit., t. VIII, p. 723.
(e) Baudelot, *Rech. d'anat. comp.*, p. 7.

Ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire précédemment, le système sternal manque dans toute cette classe d'Animaux (1) ; quelques anatomistes ont cru pouvoir y rapporter un os impair qui est souvent en connexion avec l'extrémité antérieure de la ceinture scapulaire, mais cette pièce dépend du système hyoïdien (2).

§ 16. — Le système des pièces périphériques qui occupe la ligne médiane du corps, et qui complète la charpente solide du tronc chez la plupart des Poissons, et prend chez les espèces à squelette osseux un très-grand développement, se compose d'une série longitudinale de rayons articulés par leur base au sommet d'autant d'os *interépineux*, qui, à leur tour, sont ordinairement en connexion avec les apophyses spiniformes, tant ventrales que dorsales, des vertèbres. Dans le jeune âge, la

Rayons médians.

la vessie natatoire est renfermée dans une grosse bulle osseuse, sous la deuxième et la troisième vertèbre, les osselets sont logés dans un canal entouré de tissu spongieux développé également au-dessous de l'arceau inférieur de ces vertèbres (*a*).

Chez les Silures, plusieurs vertèbres sont confondues entre elles, et concourent à la formation de l'appareil en question, ainsi que du réceptacle osseux de la vessie natatoire (*b*).

(1) Voyez tome II, page 218.

(2) Geoffroy Saint-Hilaire assimilait aux diverses pièces sternales la branche de suspension de l'appareil branchial (*c*).

Parfois le système sternal semble être représenté par une série de petites pièces médianes qui se trouvent à la partie ventrale du corps ; et quelquefois même ces osselets affectent la forme de chevrons et sont en connexion avec le bout inférieur des côtes vertébrales par l'extrémité de leurs branches, de façon à simuler non-seulement un sternum, mais aussi des côtes sternales, ainsi que cela se voit chez le Hareng (*d*). Mais ces pièces paraissent être des dépendances du système tégumentaire, et aujourd'hui on est généralement d'accord pour les considérer comme ne faisant pas partie de l'endosquelette (*e*).

(*a*) Weber, *Op. cit.*, pl. 6, fig. 43-48.
— Baudelot, *Op. cit.*, p. 20.
(*b*) Weber, *Op. cit.*, pl. 5, fig. 30, etc.
— Baudelot, *Op. cit.*, p. 22.
(*c*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, p. 440, pl. 3, fig. 30 ; pl. 10, fig. 116.
(*d*) Cuvier et Valenciennes, *Hist. des Poissons*, t. XX, pl. 593, fig. 1 et 2.
(*e*) Aug. Müller, *Op. cit.* (*Arch. f. Anat.*, 1853, pl. 8, fig. 10).
— Owen, *Anat. of the Vertebrates*, t. I, p. 194, fig. 37.

nageoire médiane, dans l'épaisseur de laquelle cette partie du squelette se développe, est en général continue et s'étend depuis le dessus de la tête jusqu'à l'extrémité caudale du rachis, contourne celle-ci, et revient jusque dans le voisinage de l'ombilic à la face inférieure du corps; mais le plus ordinairement elle s'atrophie et disparaît sur certains points, tandis que sur d'autres elle se développe, et elle se trouve ainsi partagée en trois ou même un plus grand nombre de portions isolées entre elles et connues sous les noms de ***nageoires dorsales***, ***nageoire caudale*** et ***nageoires anales***. C'est dans les parties permanentes de ce grand repli cutané que les rayons et leurs supports se constituent, sans avoir, dans le principe, aucune connexion avec les vertèbres adjacentes (1). Les rayons sont tantôt osseux et spiniformes, tantôt cartilagineux, multiarticulés et branchus vers le bout; souvent ils résultent évidemment de la soudure d'une paire de pièces filiformes (2); quelquefois certains d'entre eux présentent des formes plus ou moins anormales. Leur base est élargie, et presque toujours elles s'articulent par ginglyme avec les os interépineux correspondants. Ces dernières pièces, comme leur nom l'indique, s'engagent en général plus ou moins profondément dans les intervalles que les apophyses épineuses des vertèbres laissent entre elles; mais il n'y a rien de constant, ni dans les connexions, ni dans les rapports numériques de ces parties. Ainsi, tantôt chaque apophyse épineuse est en con-

(1) Les transformations de la nageoire médiane ont été étudiées par plusieurs naturalistes (*a*) ; mais les observations sur le mode de développement des rayons à l'intérieur de ces organes locomoteurs sont peu nombreuses.

(2) Cette duplicité symétrique des rayons de la nageoire dorsale est très-distincte chez la Morue (*b*). Cuvier la considère comme la règle générale.

(*a*) Rathke, *Abh. zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte der Menschen und der Thiere*, 1833, t. II, pl. 2.
— Agassiz et Vogt, *Op. cit.*, p. 254.
— Sundeval, *Am Tiskyngols utveckling* (*Mémoires de l'Académie de Stockholm*, 1855, t. I, pl. 1-5).

(*b*) Bakker, *Op. cit.*, pl. 6, fig. 2.

nexion avec un seul os interépineux ; d'autres fois le même espace interosseux correspond à deux ou même à trois de ces pièces, et ailleurs celles-ci manquent complétement ; enfin les rayons seuls ou munis de leur support ordinaire peuvent exister dans la région ventrale, où les appendices spiniformes des vertèbres manquent, et même sur le dessus de la tête (1). On ne saurait donc considérer ce système de pièces médianes comme étant une dépendance de l'appareil vertébral (2).

Les éléments organiques fournis de la sorte sont susceptibles de diverses transformations, et constituent parfois des instruments physiologiques qui, au premier abord, ne paraissent avoir rien de commun avec les nageoires : nous citerons comme exemple le disque adhésif dont le dessus de la tête du Rémora est garni (3).

(1) Par ex., chez les Turbots (*a*), etc.

(2) Geoffroy Saint-Hilaire regardait les os interépineux et le rayon qui y fait suite comme étant des parties constitutives de l'apophyse épineuse de la vertèbre parvenue à son maximum de développement (*b*) ; mais cette hypothèse, combattue par Cuvier, est généralement abandonnée aujourd'hui.

A leur extrémité périphérique, les os interépineux sont élargis et reliés entre eux par une bande fibreuse médiane dont ils semblent être une dépendance.

(3) L'organe adhésif de ces Poissons présente une structure très-complexe ; il est de forme ovalaire et se compose principalement d'une série de plaques transversales mobiles (*c*).

Chez la Baudroie, des appendices homologues, mais isolés, filiformes et très-allongés, constituent sur le dessus de la tête les organes appelés les *filets pêcheurs* (*d*).

Chez les Balistes, un de ces os prend un grand développement, et s'articule d'une manière fort remarquable sur une plaque osseuse postoccipitale (*e*). Sa base est percée d'un trou qui est

(*a*) Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 11, fig. 9.

(*b*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Sur les tiges montantes des vertèbres dorsales* (*Mém. du Muséum*, 1822, t. XXII, p. 76).

(*c*) Blainville, *Note sur la structure et l'analogie de la plaque dorso-céphalique des Rémoras* (*Bull. Soc. philom.*, 1822, p. 119).

— Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 20, fig. 1 et 5-8.

— Baudelot, *Étude du disque céphalique des Rémoras* (*Ann. des sciences nat.*, 5e sér., 1865, t. VII, p. 153, pl. 5).

(*d*) Bailly, *Descr. des filets pêcheurs de la Baudroie* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. II, pl. 16).

— Geoffroy Saint-Hilaire, *Sur l'analogie des filets pêcheurs de la Baudroie avec une partie des apophyses montantes des vertèbres* (*Mém. du Muséum*, 1827, t. X, p. 132).

(*e*) Voyez Agassiz, *Op. cit.*, t. II, pl. F.

— Owen, *Anat. of Vertebrates*, p. 193.

La nageoire caudale, constituée par la portion postérieure de ce système d'appendices médians, varie dans sa forme. Celle-ci peut être rapportée à trois types principaux. Tantôt la colonne vertébrale se prolonge en ligne droite dans la majeure partie de sa longueur ; les rayons supérieurs et les rayons inférieurs sont développés à peu près également, et progressivement s'inclinent de plus en plus en arrière, de façon à devenir parallèles et à se rencontrer à l'extrémité postérieure de la rame qui est arrondie au bout (1). D'autres fois la tige rachidienne, tout en continuant à s'avancer jusque vers l'extrémité de la nageoire, se relève beaucoup, et les rayons de la rangée supérieure ne se développent que peu, tandis que ceux de la rangée inférieure s'allongent beaucoup (2). Enfin, d'autres fois encore le rachis s'arrête à la base de la nageoire, et celle-ci se bifurque souvent à son extrémité (3).

traversé par une barre osseuse dépendant de la plaque sus-mentionnée, et parvient à constituer une charnière des plus solides.

(1) Ce type est caractérisé au plus haut degré chez le *Ceratodus* (*a*) et les *Lepidosiren* (*b*) ; on le retrouve chez les Anguilles (*c*) et beaucoup de jeunes Poissons.

(2) Ce mode de conformation (*d*) se rencontre chez la plupart des Ganoïdes ainsi que chez les Squales (*e*).

(3) Par suite de l'atrophie de la portion terminale de la tige vertébrale ou de la soudure des apophyses épineuses supérieures et inférieures, le rachis paraît tronqué presque verticalement à la base de la nageoire caudale. Ce mode de conformation existe chez la plupart des Poissons osseux (*f*), et il est à noter que souvent ce redressement de l'extrémité postérieure de la colonne rachidienne se voit très-distinctement dans la partie basilaire de la nageoire ainsi constituée : par exemple chez les Truites (*g*) et chez les Mormyres. Il en résulte que ce mode de conformation paraît être le résultat d'une exagération de la disposition existante dans la nageoire caudale du second type.

Chez l'*Orthragoriscus Mola*, la na-

(*a*) Gunther, *Op. cit.* (*Phil. Trans.*, 1871, pl. 30, fig. 2).

(*b*) Owen, *Description of the* Lepidosiren annectens (*Transactions of Linn. Soc.*, t. XVIII, pl. 23, fig. 4).

(*c*) Agassiz, *Poissons foss.*, t. V. pl. D.

(*d*) Par exemple chez le Lépidostée ; voyez Agassiz, *Op. cit.*, t. I, pl.
— L'*Amia clavata ;* voyez : *Kölliker, Uber das ende der Wirbelsaule der Ganoiden*, pl. 2 (1860).

(*e*) L'Esturgeon ; voyez Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. 1, fig. 29.

(*f*) Par exemple chez la Perche ; voyez Cuvier et Valenciennes, *Op. cit.*, t. I, pl. 1.

(*g*) Agassiz et Vogt, *Anat. des Salmonés* (*Poissons d'eau douce*), pl. A, B et C.

§ 17. — La charpente solide de la tête des Poissons osseux présente une structure extrêmement complexe ; les pièces qui la composent sont plus nombreuses que chez les autres Vertébrés et restent toujours distinctes entre elles. Celles qui constituent le crâne et la portion médiane de la face sont articulées entre elles de façon à être complétement fixes ; mais les autres ne sont en général que très-faiblement réunies et se déplacent facilement. L'axe de cet édifice, constitué par le basioccipital, le basisphénoïde, le présphénoïde et le vomer, ne semble être qu'un prolongement de la tige rachidienne formée par les corps des vertèbres (1), et la boîte crânienne qui en surmonte la portion postérieure est peu développée. Dans la région orbitaire, cet axe est séparé de la portion frontale de la tête par un grand espace vide ; mais dans la région nasale il s'y joint, et l'ensemble ainsi constitué affecte une forme à peu près conique, ou simule plutôt une pyramide à trois faces très-allongée, dont la base serait tournée en arrière et l'une des arêtes dirigée en bas. Tête osseuse.

geoire caudale présente une disposition très-singulière : les rayons en petit nombre qui en forment la charpente sont très-écartés entre eux, et les os interépineux correspondants vont s'appuyer au bord postérieur de l'apophyse épineuse et de l'apophyse inférieure de l'avant-dernière vertèbre ; de sorte que le système rachidien paraît être brusquement tronqué en arrière (*a*).

(1) L'articulation de la tête à l'extrémité de la colonne vertébrale ressemble à celle des vertèbres entre elles. En effet, la face antérieure du corps de la première vertèbre, creusée d'une fosse conique, s'unit aux bords d'une autre fosse semblable, mais dirigée en sens inverse et pratiquée dans l'os basioccipital. Souvent il y a aussi sur les côtés du trou occipital une paire de petites fossettes qui reçoivent l'extrémité des apophyses articulaires de la même vertèbre (*b*).

Chez les Esturgeons, la corde dorsale reste très-développée et se continue sans interruption, de l'axe de la colonne vertébrale dans la portion basilaire du crâne (*c*).

(*a*) Marausen, *Die Familie der Mornzren, ein anat. zool. Abhandlung* (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 7e série, 1864, t. VII, nº 4, pl. 5, fig. 1).
(*b*) Exemple : la Perche ; voyez Cuvier et Valenciennes, *Op. cit.*, t. I, pl. 2, fig. 4.
(*c*) Agassiz, *Poissons foss.*, pl. E.

La mâchoire supérieure, composée comme d'ordinaire d'une paire d'os prémaxillaires et d'une paire d'os maxillaires (1), est articulée au sommet de cette pyramide (2). Chez les Balistes, les Diodons et les autres espèces qui, à raison de cette disposition, ont reçu le nom de *Plectognathes*, cette articulation se fait par engrenage, et ne permet que peu ou point de mouvements (3); mais, chez la plupart des autres Poissons osseux (4), tous les os de cette partie de la face jouent librement les uns sur les autres et sont souvent susceptibles de se déplacer beaucoup, ainsi que nous l'avons déjà vu en étudiant la constitution de la bouche (5). Les détails que j'ai donnés précédemment sur la structure de cette portion de la charpente faciale, ainsi que sur l'appareil suspenseur très-complexe qui soutient la mâchoire inférieure et cloisonne latéralement la grande cavité buccale (6), me permettront de ne pas m'arrêter ici sur ce sujet, et je me bornerai à rappeler qu'en arrière, cette partie jugale de la tête est en continuité avec l'appareil operculaire, dont nous avons vu la disposition lorsque nous nous occupions des organes de la respiration (7), et dont nous examinerons la signification homologique lorsque nous étudierons l'appareil auditif (8).

(1) Chez le Brochet (a), la Truite et quelques autres Poissons, il existe de chaque côté, à l'extrémité latérale de la mâchoire, une troisième pièce osseuse dite sus-maxillaire.

(2) Voyez tome VI, page 35.

(3) La disposition des os de la face des Balistes a été étudiée avec soin par Hollard (b).

(4) Les Espadons ou *Xiphias*, les Orphies ou *Belone*, les Polyptères, etc., ont la mâchoire supérieure solidement fixée au crâne.

(5) Voyez tome VI, page 37.

(6) Voyez tome VI, page 31 et suiv.

(7) Voyez tome II, page 229.

(8) Geoffroy Saint-Hilaire considérait les os de l'opercule des Poissons comme étant les représentants de la chaîne des osselets de l'ouïe des Vertébrés qui sont pourvus d'une oreille moyenne. Nous verrons, dans une

(a) Agassiz, *Op. cit.*, t. V, pl. K, fig. 10 et 12.

(b) Hollard, *Monographie de la famille des Balistides* (*Ann. des sciences nat.*, 1853, t. XX, p. 98, pl. 1, fig. 1, 4, etc.).

Les fosses orbitaires sont mal délimitées; elles sont fermées en dessus par la voûte frontale, et en général leur cadre est complété en dessous par une chaîne de petites plaques osseuses dépendantes des téguments; quelquefois même ces plaques s'étendent sur toute la région jugale, ainsi que cela se voit chez les Trigles et les autres Poissons de la famille des Joues cuirassées (1); mais rien ne sépare ces cavités de la région occupée par les muscles temporaux, et elles n'ont pas de plancher solide, si ce n'est dans le point occupé par la lame étroite qui constitue l'arc-boutant palatin dont j'ai parlé précédemment. D'ordinaire, chez les Poissons comme chez les autres Vertébrés, les deux chambres oculaires, ainsi constituées, sont placées symétriquement de chaque côté du plan médian de la tête; mais chez les Turbots, les Soles et les autres Pleuronectes il n'en est pas de même, et, par suite d'un mouvement de torsion que la face fait en se développant, les deux orbites sont dirigées du même côté (2).

autre occasion, que si cette idée n'est pas inadmissible pour ce qui concerne le marteau, elle est en désaccord complet avec ce que nous savons surtout de l'origine de l'étrier.

(1) Le système de pièces sous-orbitaires se compose communément de six os dermiques minces, larges et à surface canaliculée, et s'étend depuis l'extrémité antérieure des frontaux, où il recouvre l'appareil olfactif, jusqu'au bord temporal de l'os frontal postérieur, en décrivant une courbe et en simulant le bord orbitaire inférieur constitué par les os lacrymal, maxillaire et malaire chez les Vertébrés supérieurs (*a*). Ces plaques jugales n'existent ni chez la Baudroie, ni chez les Anguilles. Chez quelques Silures, elles sont au nombre de sept de chaque côté; mais chez les Trigles, où elles recouvrent quelquefois la totalité de la région ptérygo-temporale, on n'en compte que trois (*b*).

(2) Ces métamorphoses singulières ont été étudiées avec beaucoup de soin par MM. Van Beneden et Steenstrup (*c*).

(*a*) Ex. : la Perche, où les pièces sous-orbitaires sont très-petites; voyez Cuvier et Valenciennes, *Op. cit.*, t. I, pl. 1.
— La Truite, où elles sont grandes; voyez Agassiz et Vogt, *Op. cit.*, pl. E, fig. 1.

(*b*) Agassiz, *Poissons fossiles*, t. IV, pl. F.

(*c*) Van Beneden, *Note sur la symétrie des Poissons pleuronectes dans leur jeune âge* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1853, t. XX, p. 340).
— Steenstrup, *Om Skjœvhden hos Flynderne*, Copenhague, 1863. — *Observations sur le développement des Plectognathes* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1864, t. II, p. 353).

Les cavités qui logent les organes olfactifs sont très-petites, limitées principalement par les os nasaux et sans relations avec la cavité buccale. Celle-ci est extrêmement grande, et, comme nous l'avons vu dans une Leçon précédente, son plancher ainsi que toute sa portion pharyngienne sont formés par l'appareil hyoïdien, dont le développement est plus grand que dans aucune autre classe de Vertébrés; nous en connaissons déjà les caractères ostéologiques (1), et par conséquent je n'en parlerai pas ici.

Il n'y a chez les Poissons osseux ni méat auditif, ni caisse tympanique, et, comme nous le verrons dans une prochaine Leçon, l'oreille interne est logée dans la cavité crânienne. En général, le crâne est surmonté d'une crête médiane (2).

Chez les Plagiostomes, la charpente solide de la tête est formée presque uniquement par le cartilage crânien, et les mâchoires suspendues à l'extrémité d'un arc-boutant tympanique très-simple, dont j'ai fait connaître la disposition en traitant de l'appareil buccal de ces Poissons (3). L'appareil operculaire manque (4), et l'appareil hyoïdien, au lieu d'être logé dans la tête, se trouve reporté plus en arrière, sous la portion antérieure de la colonne vertébrale (5). C'est dans sa portion basilaire que la boîte crânienne est le mieux constituée; sa voûte est souvent en grande partie membraneuse (6), et l'on y aperçoit toujours des pertuis qui mènent à l'appareil auditif et qui peu-

(1) Voyez tome II, page 218.

(2) Cette crête est parfois très-élevée (*a*), et elle est souvent accompagnée d'expansions latérales.

(3) Voyez tome VI, page 27 et suivantes.

(4) Chez les Esturgeons, qui, par leur mode d'organisation, se rapprochent beaucoup des Plagiostomes, l'appareil operculaire ne manque pas, mais est rudimentaire.

(5) Voyez tome II, page 226.

(6) Chez les Squales du genre *Galeus*, cette espèce de fontanelle est très-étendue : elle occupe presque tout le dessus de la tête.

(*a*) Par exemple chez les Coryphènes ; voyez Carus, *Tabul. Anat. comp. illustr.*, t. II, pl. 7, fig. 1.

vent être comparés à la fenêtre ovale des Vertébrés supérieurs, bien que leur position soit différente (1). Les parties latérales et antérieures du cartilage crânien varient beaucoup dans leurs formes. En général, la région orbitaire est concave et limitée par deux petites apophyses orbitaires, dont l'une antérieure, l'autre postérieure ; mais chez les Sélaciens du genre Marteau ou Zygène, elles se développent énormément et offrent une forme des plus bizarres (2).

En général, la région nasale du cartilage crânien se prolonge plus ou moins en forme de rostre et loge en dessous les cap-

(1) Ainsi que nous le verrons ailleurs, on donne ce nom à un orifice qui, de chaque côté de la tête, fait communiquer l'oreille interne avec l'oreille moyenne ou caisse du tympan.

Les trous mentionnés ci-dessus sont situés à la face supérieure de la boîte crânienne.

(2) La boîte crânienne des Plagiostomes est constituée par une seule pièce cartilagineuse dont les différentes régions correspondent à peu près aux principaux os de la tête chez les Vertébrés à squelette osseux. Les fosses orbitaires sont, en général, séparées de la région temporale par une petite saillie, dite apophyse orbitaire postérieure, qui, chez les Anges (ou Squatines), est assez développée (*a*). L'apophyse orbitaire antérieure se développe davantage ; souvent elle est très-large, et chez les Raies elle se prolonge latéralement en forme de corne (*b*).

Chez le Squale marteau et les autres Poissons du même genre, les prolongements latéraux de la face qui ont valu à ces Poissons leur nom vulgaire, sont formés principalement par les parties correspondantes à ces apophyses (*c*).

Il est aussi à noter que chez certains Sélaciens, la partie basilaire de ces prolongements latéraux du cartilage crânien est creusée de fosses servant à loger les organes olfactifs (*d*).

Souvent les fosses orbitaires sont dépourvues de plancher, mais chez quelques Squales elles sont limitées en dessous par un prolongement lamelleux de la base du crâne qui s'avance beaucoup latéralement (*e*).

L'apophyse orbitaire postérieure est très-développée chez les Anges, ou Squatines, et donne naissance à une branche postérieure qui va rejoindre la région latérale de l'occiput (*f*).

(*a*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, POISSONS, pl. 5.
(*b*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. I, fig. 64.
(*c*) Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 26, fig. 1 et 2.
(*d*) Par exemple chez l'*Acanthias vulgaris* ; voyez Molin, *Op. cit.* (*Mem. del Istituto venete*, 1860, t. VIII, pl. 6, fig. 5 et 6).
(*e*) Par exemple chez le *Mustelus vulgaris* ; voyez Molin, *loc. cit.*, pl. 4, fig. 1 et 3.
(*f*) Molin, *loc. cit.*, pl. 8, fig. 1.

sules olfactives (1). Chez les Esturgeons, elle s'avance beaucoup, et chez les Polyodons ou Spatulaires, où elle est très-déprimée, elle prend un développement énorme (2). Mais c'est chez le Poisson-scie (ou *Pristis*) que ce rostre atteint son maximum de développement, car il forme au devant de la face une sorte de glaive énorme dont les bords latéraux sont armés de grosses épines osseuses qui ressemblent à des dents et sont implantées par gomphose (3).

Nous avons vu précédemment que chez les Plagiostomes l'appareil tympanique, qui de chaque côté prend son point d'attache sur la partie postérieure de la boîte crânienne, et tient suspendue à son extrémité opposée la mâchoire inférieure, n'est que peu développé (4), et que les deux mâchoires sont reliées

(1) Chez quelques Squales, ce rostre est composé de trois branches, l'une, inférieure, provenant de la région vomérienne, et deux latérales supérieures, qui partent des angles orbitaires antérieurs ou de la région fronto-ethmoïdale. Ces prolongements se réunissent entre eux par leur extrémité antérieure, et forment ainsi une pyramide creuse à trois arêtes (*a*). D'autres fois le rostre est plat en dessus, mais excavé en dessous.

Chez les Chélorhynques, deux de ces cornes nasales s'avancent beaucoup et restent écartées entre elles dans toute leur longueur (*b*).

Chez les Torpilles, de chaque côté de la région frontale, une grande branche cartilagineuse part de la base du museau et se dirige en dehors pour aller à la rencontre de l'extrémité antérieure de la nageoire pectorale, et concourir ainsi à la formation du cadre occupé par l'organe électrique (*c*). Chez les Torpilles du genre Narcine, le bord antérieur de cette pièce est branchu (*d*).

(2) Pour plus de détails sur la conformation du cartilage crânien des Esturgeons, je renverrai à un travail spécial de Kittary (*e*).

(3) Chez les Spatulaires, le museau, ainsi constitué, devient foliacé et prend un développement énorme (*f*).

(4) Chez la plupart des Plagiostomes, cet arc-boutant, ou *suspensorium*, ne se compose que d'une seule pièce.

(*a*) Par exemple chez la petite Roussette ou *Squalus Catulus*; voyez Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 25. — L'Empissole ou *Mustelus vulgaris*; voyez Molin, *loc. cit.*, pl. 4, fig. 1 et 2.

(*b*) Müller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden*, pl. 4, fig. 2.

(*c*) J. Davy, *Researches Physiol. and Anat.*, t. 1, pl. 8.

(*d*) Henle, *Ueber Narcine*, pl. 4, fig. 1 et 2.

(*e*) Kittary, *Rech. anat. sur les Poissons du genre* Acipenser (*Mém. de la Soc. des nat. de Moscou*, 1850, pl. 1).

(*f*) A. Wagner, *De Spatularium anatome* (dissert. inaug.), Berolini, 1848, fig. 1.

entre elles postérieurement (1). Enfin les pièces palatines, qui acquièrent un développement si considérable chez les Poissons osseux, paraissent manquer complétement, ou n'être représentées que par des cartilages rudimentaires (2).

Je rappellerai aussi que chez les Cyclostomes la plus grande partie de la charpente solide de la face est constituée par des pièces labiales qui ne sont représentées qu'à l'état de vestige chez les Plagiostomes, et qui manquent complétement chez les autres Vertébrés (3). La boîte crânienne, formée par le développement de la gaîne fibro-cartilagineuse de la notocorde, loge dans l'épaisseur de sa portion basilaire l'extrémité antérieure de cette tige rachidienne, et elle est unie latéralement à une paire de capsules auditives. Chez les Lamproies, elle est mieux constituée que chez les autres Poissons du même ordre (4), et présente de chaque côté une arcade horizontale qui limite du côté externe une sorte de fosse orbitaire. Une capsule olfactive repose sur sa partie antérieure, et au-dessous de cet organe on voit partir de la région frontale une grande lame en forme de bouclier ou de cuilleron qui s'avance beaucoup et recouvre la base d'un second cartilage à peu près de même forme, à l'extrémité antérieure et inférieure de laquelle se trouve suspendu le grand anneau labial dont j'ai déjà fait connaître la disposition en décrivant le suçoir de ces Poissons. Chez les Myxines, la charpente faciale, tout en étant plus compliquée, offre moins de solidité (5).

(1) Tantôt l'arceau supérieur du cadre buccal, ou mâchoire supérieure, s'articule avec l'extrémité antérieure du cartilage crânien ; mais d'autres fois il est reporté plus en arrière, et se trouve suspendu sous la portion moyenne de la région faciale (*a*).

(2) Voyez tome VI, page 29.

(3) Voyez tome VI, page 97.

(4) Chez les Myxines, la voûte du crâne est fibro-cartilagineuse seulement, et chez le Bdellostome elle n'est qu'incomplétement cartilagineuse.

(5) Voyez tome VI, page 99, note 1. Chez les Bdellostomes, cette charpente se compose de lames cartilagineuses encore plus grêles (*b*).

(*a*) Par exemple chez le *Squalus Centrina* ; voyez Carus, *Tabul. Anat. comp.*, p. 2, pl. 3, fig. 1.
(*b*) J. Müller, *Vergl. Anat. der Myxinoiden* ; *Fortsetzung*, pl. 2, fig. 1, 2, 3 et 5.

Nageoires.

§ 18. — Les membres des Vertébrés supérieurs sont représentés chez les Poissons par les nageoires latérales, ou paires, que l'on distingue en nageoires pectorales et nageoires ventrales. Chez les Malacoptérygiens de l'ordre des Apodes, qui comprend les Anguilles, les Gymnotes, etc., ces dernières manquent, et chez quelques espèces, les Murènes par exemple, les nageoires pectorales font également défaut (1). La position des nageoires ventrales varie beaucoup. Les pectorales sont plus développées que les précédentes, et elles occupent toujours les côtés de la portion antérieure de la région abdominale. Mais chez les Poissons osseux, ces membres, au lieu de prendre leurs points d'appui sur les côtes thoraciques, sont en général suspendus au crâne, et la ceinture scapulaire entoure la région pharyngienne, en s'avançant sous la gorge entre les branches de suspension de l'appareil hyoïdien. Les anatomistes ne sont pas d'accord sur les relations homologiques des diverses pièces constitutives de cette ceinture avec les os de l'épaule des Vertébrés terrestres; mais les pièces supérieures doivent certainement être considérées comme les représentants du scapulaire, et la pièce principale, qui se dirige en bas et en avant pour aller s'unir à sa congénère, sur la ligne médiane, paraît être une clavicule (2). En général, la nageoire pectorale y est unie par

(1) Les nageoires pectorales, ainsi que les nageoires ventrales, manquent également chez les Cyclostomes.

(2) La pièce principale de ce groupe d'*os en ceinture* (Cuvier), celle qui donne directement insertion à la base de la nageoire pectorale, et qui se réunit à sa congénère sous la gorge, avait été d'abord considérée comme le représentant de l'omoplate (*a*). Cuvier a cru devoir la comparer à un humérus (*b*), et M. Owen en fait un coracoïdien (*c*); mais, à l'exemple de Geoffroy Saint-Hilaire, presque tous les anatomistes s'accordent aujourd'hui à la désigner sous le nom de clavicule (*d*).

(*a*) Gouin, *Hist. des Poissons*, p. 64, pl. 2, fig. 6.
(*b*) Cuvier, *Hist. des Poissons*, t. I, p. 372, pl. 3, fig. 1 et 4.
(*c*) Owen, *Anat. of Vertebrates*, t. I, p. 163.
(*d*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Premier Mémoire sur les Poissons, où l'on compare les pièces osseuses de leurs nageoires pectorales avec les os de l'extrémité antérieure des autres Animaux à vertèbres* (*Arch. du Muséum*, 1807, t. IX, p. 357, pl. 29). — *Philosophie anatomique*, t. I, pl. 9, fig. 104-106).

l'intermédiaire d'un groupe de trois petits os plats qui semblent correspondre aux os du bras et de l'avant-bras (1), et qui sont suivis d'une rangée transversale de petites pièces qui ressemblent beaucoup à des os carpiens (2). Enfin, ces dernières pièces portent à leur bord postérieur une série de rayons qui ont à peu près la même forme que les rayons des nageoires médianes, mais qui représentent autant de doigts. Leur nombre est en général très-considérable; presque toujours ils sont multiarticulés, et d'ordinaire ils deviennent fasciculés vers le bout.

Il est enfin à noter que, chez certains Poissons osseux, quelques-unes des pièces constitutives de ces nageoires pré-

La pièce tantôt simple, tantôt double, qui la surmonte et qui est suspendue à l'arrière du crâne, est l'homologue du scapulaire; mais il y a plus d'incertitude au sujet de la détermination de l'os styliforme, qui, en partant de la portion moyenne de la ceinture scapulaire, se dirige en arrière, au milieu des muscles du flanc, et qui est presque toujours composé de deux pièces. Geoffroy Saint-Hilaire l'assimilait au coracoïdien; mais, dans le travail récent de M. Parker, il est appelé post-clavicule, et le nom de coracoïdien est appliqué à une autre partie. Je dois même ajouter que les idées de ce dernier auteur relativement aux homologies des pièces constitutives de la nageoire pectorale des Poissons sont presque toutes en désaccord avec celles de ses devanciers.

(1) La plupart des anatomistes considèrent ces pièces, qui d'ordinaire sont au nombre de trois, comme étant les homologues du radius, du cubitus et de l'humérus (*a*); mais M. Parker croit devoir les assimiler aux os coracoïdiens (*b*). L'une d'elles est souvent plus ou moins cachée sous les autres, et Cuvier, dans son anatomie de la Perche, n'en a pas fait mention (*c*). Pour plus de détails sur la conformation de cette partie du squelette des Poissons, je renverrai aux publications suivantes (*d*).

(2) Les os carpiens sont en général au nombre de quatre. M. Parker les considère comme étant les homologues des pièces brachiales des Vertébrés supérieurs (*Op. cit.*).

(*a*) Agassiz et Vogt, *Anatomie des Salmonés*, p. 41, pl. 1, fig. 6 et 7.

(*b*) Parker, *op. cit.*, p. 46, fig. 6 D.

(*c*) Cuvier et Valenciennes, *Hist. des Poissons*, t. I, pl. 3, fig. 4.

(*d*) Mettenheimer, *Disquisitiones anatomico-comparativæ de membro Piscium pectorali*. Berlin, 1847, pl. 1 et 2.

— Bruch, *Ueber die Mittelhand der Fische* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1861, t. XI, p. 165, pl. 15 B).

sentent des particularités de forme plus ou moins considérables (1), et sont parfois modifiées au point de pouvoir constituer des organes spéciaux. Ainsi, chez les Silures, le premier os carpien, allongé en forme de grosse épine dentelée, est libre et articulé de façon à pouvoir être rapproché du corps ou redressé perpendiculairement, et il constitue alors une arme très-dangereuse (2). Chez les Trigles, les trois premiers rayons de la nageoire pectorale sont également libres et constituent autant d'appendices digitiformes très-mobiles (3). Chez les Discoboles, au contraire, tous les rayons des deux nageoires pectorales sont réunis en un seul repli cutané qui constitue autour de la gorge une sorte de collerette épineuse. Enfin, chez les Dactyloptères et quelques autres Poissons volants, les rayons se développent de façon à constituer des espèces d'ailes, comme nous le verrons lorsque nous étudierons l'appareil du vol.

Chez les Plagiostomes, la ceinture scapulaire est attachée

(1) Ainsi, chez la Baudroie, les pièces carpiennes, réduites au nombre de deux, sont tellement allongées, qu'elles semblent constituer un avant-bras (*a*). Les pièces brachiales sont très-réduites et soudées à la clavicule.

Chez les Scombéroïdes du genre *Lampris*, l'une des pièces brachiales (celle désignée communément sous le nom de cubitus, et que M. Owen appelle le radius) prend un développement énorme, et constitue de chaque côté de la région pectorale un grand bouclier qui descend jusqu'au niveau du bord inférieur du corps (*b*).

(2) Geoffroy a considéré à tort cette épine comme étant constituée par la pièce de la ceinture scapulaire désignée sous le nom de coracoïdien (*c*) ; elle fait partie du groupe des pièces carpiennes (*d*).

(3) Ces appendices, contigus à la portion palmée de la nageoire pectorale, en sont complétement séparés et articulés sur les deux premiers os carpiens (*e*).

(*a*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Philos. anat.*, t. I, pl. 9, fig. 104.
(*b*) Bakker, *Osteographia Piscium*, pl. 9, fig. 6.
(*c*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Philos. anat.*, t. I, pl. 9, fig. 99-102.
(*d*) Cuvier, *Hist. des Poissons*, t. I, p. 375.
— Geoffroy, *loc. cit.*
— Mettenheimer, *Disquisit. de membro Piscium pectrale*, pl. 2, fig. 10 et 11.
(*e*) Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 8, fig. 1 et 3.

à la portion post-pharyngienne de la colonne vertébrale. Chez les Squales, elle y est suspendue à l'aide de ligaments (1); mais chez les Raies elle s'y unit directement, et présente ainsi une disposition analogue à celle de la ceinture pelvienne qui, chez les Vertébrés pulmonés, se joint aux vertèbres sacrées pour constituer le bassin, et les nageoires qui en naissent, au lieu d'affecter la position ordinaire, s'étalent horizontalement en dehors de façon à ressembler à des ailes; elles prennent un développement énorme, et les cartilages carpiens que portent les rayons représentent deux cornes divergentes dont l'une longe le côté de la tête et gagne souvent la région frontale, tandis que l'autre se dirige en arrière, borde la cavité abdominale, et va parfois rejoindre la nageoire ventrale placée à l'arrière du tronc (2).

Enfin, chez le *Lepidosiren*, Animal qui, à certains égards,

(1) Chez ces Poissons, la conformation de la ceinture varie : chez les *Carcharias* et les *Scyllium*, elle est largement ouverte en dessous, divisée en deux parties, tandis que chez d'autres espèces, telles que l'*Acanthias*, les Mustèles, les Squatines, la fusion est complète sur la ligne médiane, de façon que le tout ne forme qu'un seul et même cartilage transversal. Quoi qu'il en soit à cet égard, chaque moitié se compose de deux branches, l'une descendante et scapulaire, l'autre horizontale ou dirigée obliquement en dedans et comparable à une clavicule. C'est au point de rencontre de ces deux portions de l'épaule que s'insère la nageoire. Les pièces brachiales ne paraissent être représentées que par une proéminence du cartilage scapulaire, et la base de la nageoire est constituée par une rangée transversale de trois pièces carpiennes auxquelles s'articulent les rayons : ces derniers appendices sont formés, pour la plupart, de trois ou quatre pièces phalangiennes placées bout à bout et dont la dernière est quelquefois remplacée par des filaments cartilagineux.

(2) Chez un Poisson de l'Australie appelé *Ceratodus*, la structure des nageoires diffère beaucoup de tout ce qui existe ailleurs. Ces rames sont parcourues dans toute leur longueur par une tige composée de pièces placées bout à bout, et c'est sur les deux bords de cette tige que s'insèrent les rayons, à peu près de la même manière que les rayons de la nageoire caudale s'insèrent sur les deux bords opposés de la portion terminale de la colonne vertébrale chez ce singulier animal (*a*).

(*a*) Gunther, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1871, pl. 30, fig. 2).

paraît être intermédiaire aux Poissons et aux Batraciens, les nageoires pectorales ne sont représentées que par une paire d'appendices styliformes très-simples, et la ceinture scapulaire est réduite à un état rudimentaire.

§ 19. — Les membres abdominaux, ou nageoires ventrales, ont en général une structure moins compliquée que les nageoires pectorales, et l'appareil coxal est très-imparfait ; il ne consiste d'ordinaire qu'en une paire de pièces osseuses ou cartilagineuses, triangulaires et articulées entre elles à leur extrémité postérieure, ou soudées l'une à l'autre par leur bord interne (1). Ainsi que je l'ai déjà dit, sa position varie beaucoup : tantôt ce bassin rudimentaire (2) est suspendu librement dans les chairs (3), à l'extrémité postérieure de l'abdomen ; mais d'autres fois il s'attache à la ceinture scapulaire immédiatement au-dessous des nageoires pectorales, ou s'avance même davantage et va se placer sous la gorge. Ces membres sont plus développés chez les Plagiostomes que chez la plupart des Poissons osseux. Chez les premiers, on y trouve des pièces brachiales, mais chez les derniers les rayons s'articulent directement sur les pièces coxales, et quelquefois même ces appendices sont réduits à un simple filament. Chez les Poissons

(1) Cuvier considère ces pièces comme étant les représentants des os de la cuisse et de la jambe (*a*).

(2) Tout en étant toujours très-incomplet, comme bassin, les pièces coxales acquièrent parfois des dimensions assez considérables pour qu'elles constituent à la face inférieure du centre une sorte de plastron qui, par sa forme et sa portion, simule un sternum : chez les Balistes, par exemple (*b*).

(3) D'après Otto, les osselets pelviens se voient suspendus à la colonne vertébrale par un ligament, chez le *Salmo Fario* (*c*); mais les recherches de MM. Agassiz et Vogt infirment cette assertion (*d*).

(*a*) Cuvier, *Anat. comp.*, t. I, p. 567.

(*b*) Rosenthal, *Op. cit.*, pl. 12, fig. 3.

— Hollard, *Op. cit.* (*Ann. des sc. nat.*, 4ᵉ série, 1853, t. XX, pl. 1, fig. 1.

(*c*) Otto, *Ueber ein Rudiment vom Becken bei einer Forellen-Art* (Treviranus) *Zeitschr. für Physiol.*, 1820, t. II, p. 301, pl. 14, fig. 9).

(*d*) Agassiz et Vogt, *Anatomie des Salmonés*, p. 42 (*Mém. de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel*, t. III).

osseux de la famille des Discoboles, les nageoires ventrales sont au contraire très-développées, et constituent, sous la ceinture scapulaire, une sorte de disque. Chez les Cératodes, elles sont distiques, comme les nageoires pectorales.

Enfin nous avons vu précédemment que, chez les Squales, une lame cartilagineuse enroulée, qui constitue la charpente de l'organe copulateur du mâle, s'insère à la base de ces nageoires et paraît en être une dépendance (1).

§ 20. — En terminant l'étude du squelette intérieur des Poissons, je dois rappeler que, chez plusieurs de ces Animaux, les pièces osseuses dépendantes du système tégumentaire, et par conséquent plus ou moins comparables à celles dont se compose le squelette extérieur des Animaux articulés, jouent un rôle important dans la constitution de la charpente solide, et souvent s'associent intimement aux éléments appartenant au système rachidien ou à d'autres parties de l'endosquelette. J'ai déjà cité des faits de cet ordre en parlant de la cuirasse jugale des Trigles (2). Mais c'est particulièrement chez les Ganoïdes que ces parties complémentaires du squelette ordinaire acquièrent une importance considérable (3), et il est à noter que la même disposition était portée encore plus loin chez beaucoup de Poissons anciens, dont les débris se trouvent à l'état fossile dans le terrain devonien ou vieux grès rouge. Enfin, chez quelques Plectognathes, ainsi que nous l'avons vu dans une précédente Leçon (4), le squelette extérieur envahit la presque

(1) Chez le Cycloptère lump, par exemple (*a*).

(2) Voyez tome VIII, page 478.

(3) Chez les Esturgeons, la couverture osseuse de la tête se compose d'un grand nombre de pièces lamelleuses appelées boucliers céphaliques, situées dans la peau, qui est très-glutineuse, et articulées entre elles (*b*).

(4) Voyez ci-dessus, page 76.

(*a*) Rathke, *Bemerk. über den Bau des* Cyclopterus Lumpus (Meckel's *Deutsches Archiv für die Physiol.*, 1822, t. VII, p. 498, pl. 6).
— Baudelot, *Rech. d'anat. comp.*, p. 32.

(*b*) Kittary, *Op. cit.* (*Bull. de la Soc. des natur. de Moscou*, 1850, t. XXIII, pl. 7).

totalité du corps et a valu à quelques-uns de ces Animaux le nom de Coffres.

§ 21. — Jusqu'ici je n'ai considéré la charpente solide du corps que sous le rapport de sa constitution et de son rôle comme appareil protecteur ; mais il est non moins nécessaire de l'étudier à un autre point de vue. En effet, elle remplit des fonctions d'une grande importance dans le mécanisme de la locomotion, et il me faudra revenir sur son étude lorsque j'aurai traité des agents moteurs, sujet que j'aborderai dans la prochaine Leçon.

QUATRE-VINGT-TREIZIÈME LEÇON.

Organes moteurs. — Sarcode. — Tissu musculaire. — Structure interne des muscles. Leur mode d'insertion. — Tendons, aponévroses, etc.

§ 1. — La MOTILITÉ, c'est-à-dire la faculté d'exécuter des mouvements spontanés, est un des caractères les plus remarquables de l'Être animé. Les végétaux en sont presque tous complétement privés (1), tandis que chez les Animaux elle existe toujours avec plus ou moins de puissance, et elle résulte d'une propriété vitale de certaines parties de leur substance constitutive appelée *contractilité*, propriété en vertu de laquelle ces parties, sans avoir subi aucun allongement préalable, sont susceptibles de se raccourcir temporairement par suite du rapprochement de deux ou de plusieurs de leurs points. Elle peut être mise en jeu, soit par des excitants mécaniques ou physiques, soit par des stimulants physiologiques, tels que l'influence nerveuse, mais elle n'est dépendante d'aucun de ces agents, et elle appartient en propre au tissu organique dans lequel ses effets se manifestent. Motilité.

Chez les Animaux les plus inférieurs, la contractilité n'est l'apanage d'aucun instrument physiologique particulier (2), elle est répandue dans toutes les parties de l'organisme et réside

(1) Sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, la ligne de démarcation entre le Règne végétal et le Règne animal n'est pas tracée d'une manière aussi absolue qu'on pourrait le supposer au premier abord, et chez quelques plantes (la Sensitive, par exemple) on voit se manifester des mouvements qui paraissent ne différer en rien de ceux exécutés par les Animaux. Il y a aussi des corps vivants qui, durant la première période de leur existence, se meuvent spontanément et paraissent être animés, tandis que plus tard ils présentent tous les caractères du végétal. L'étude de la motilité chez ces êtres ambigus, qui semblent lier entre eux les deux Règnes organiques, présente beaucoup d'intérêt, mais nous entraînerait au delà des limites assignées à ces Leçons.

(2) Les observations de Cavolini et

dans la substance molle et d'apparence gélatineuse qui constitue le corps tout entier, et qui est désignée sous le nom de *sarcode* ou de *protoplasma*. Mais dans l'immense majorité des cas, elle réside exclusivement dans le *tissu musculaire*, substance qui constitue ce qu'on nomme la chair des Animaux.

Sarcode.

§ 2. — Le *sarcode* est une substance très-molle, hyaline, en apparence amorphe, et sans forme déterminée. On aperçoit bien dans sa profondeur quelques petites granulations qui sont susceptibles de se déplacer, et l'on y remarque souvent des espaces qui sont des vacuoles éphémères occupées par des liquides. Ces cavités ne semblent être produites que par l'afflux de ces liquides sur certains points variables, et qui disparaissent peu de temps après s'être montrées; aucune membrane ou enveloppe ne les limite, et quand elles viennent à se rencontrer, elles se confondent entre elles. Les mouvements du sarcode sont très-lents, mais déterminent, dans le corps des petits êtres constitués par cette substance, des changements des plus remarquables, qui se renouvellent sans cesse. En se resserrant sur quelques points, cette substance d'apparence glutineuse émet dans d'autres parties des expansions qui tantôt ont la forme de lobes, d'autres fois celle de filaments simples ou rameaux, et que les zoologistes appellent des *pseudopodes*. Ainsi que nous le verrons bientôt, ces prolongements constituent pour ces petits êtres des organes de locomotion, mais ils ne sont limités par aucune membrane tégumentaire, et, dans

de Grant (*a*) avaient fait penser que les Éponges étaient complétement dépourvues de cette faculté; mais des expériences faites en 1828 sur la Téthye orange ont démontré l'existence de l'irritabilité chez ces Spongiaires (*b*). Elle est constatable aussi chez les Spongilles (*c*).

(*a*) Grant, *Observ. et expériences sur la structure et les fonctions des Éponges* (*Ann. des scienc. nat.*, 1re série, 1827, t. XI, p. 171).

(*b*) Audouin et Milne Edwards, *Recherches sur les Animaux sans vertèbres* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XV, p. 17).

(*c*) Lieberkühn, *Ueber die Bewegungserscheinungen bei den Schwämmen* (*Arch. für Anat.*, 1863, p. 717). — *On Motile Phænom. in Sponges* (*Quart. Journ. of Microsc. Sc.*, 1864, p. 189).

les points où ils se rencontrent, ils se soudent entre eux de façon à ne laisser aucune trace de leur séparation préalable ; enfin leur existence n'est jamais permanente, et d'ordinaire, à peine développés, ils se rétractent, rentrent dans la masse commune, et bientôt disparaissent complétement. Les Animalcules que les naturalistes appellent des Protées ou des Amibes sont constitués essentiellement de sarcode, et ils doivent leur nom aux changements sans cesse renouvelés qui s'opèrent ainsi dans leur forme générale.

C'est à Dujardin, micrographe français d'une grande habileté, que l'on doit la connaissance des principaux faits relatifs à l'histoire physiologique du sarcode (1). Ce naturaliste considérait cette substance comme étant susceptible de constituer des muscles lorsqu'elle est étirée en forme de fils, et les observations plus récentes de plusieurs physiologistes sont venues corroborer jusqu'à un certain point ses vues en nous faisant connaître d'autres traits de ressemblance entre les diverses substances contractiles qui entrent dans la constitution des organismes vivants (2).

(1) Les premières observations de Dujardin sur le sarcode datent de 1833; il poussa beaucoup trop loin ses idées relatives à la semi-fluidité de la substance organique chez les Animaux inférieurs, mais il rendit à la science un service considérable en insistant sur l'existence d'une matière contractile amorphe (*a*). Des idées analogues ont été développées plus récemment par M. Max Schultze et quelques autres micrographes (*b*).

M. Ecker considère la substance contractile du corps de l'Hydre, ou Polype d'eau douce, comme étant du sarcode amorphe entourant des vacuoles (*c*); mais d'autres observateurs pensent que ces espaces clairs sont des cellules contractiles.

(2) M. Kühne a constaté que cette

(*a*) Dujardin, *Rech. sur les organismes inférieurs* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 343). — *Observations sur la substance glutineuse qui constitue en grande partie le corps des Animaux inférieurs* (*Ann. franç. et étrangères d'anat. et de physiol.*, 1838, t. II, p. 379). — *Mém. sur le sarcode* (*Op. cit.*, t. III, p. 65).

(*b*) Max Schultze, *Ueber das Organismus der Polythalamien*, 1854.

— Auerbach, *Ueber die Einzelligkeit der Amœben* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1855, t. VII, p. 365).

— Carter, *On the Organisation of Infusoria* (*Ann. of Nat. Hist.*, 1856, t. XVIII, p. 115.)

(*c*) Ecker, *Zur Lehre vom Bau und Leben der contractilen Substanz der niedersten Thiere*, (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1849, t. I, p. 218, pl. 18).

Tissu musculaire.

§ 3. — Lorsque la substance contractile se perfectionne, elle devient de plus en plus distincte des parties de l'organisme qui sont dépourvues de mobilité, et elle prend le nom de *tissu musculaire*.

Par lui-même, ce tissu est d'un blanc jaunâtre; mais chez les Vertébrés supérieurs il contient du sang en si grande abondance, qu'il paraît rouge (1). Sa composition chimique est caractéristique. Il est constitué essentiellement par une matière albuminoïde qui ressemble beaucoup à la fibrine du sang dont l'étude nous a occupé au commencement de ce cours (2). Jusque dans ces derniers temps, les chimistes désignaient ces deux substances sous le même nom; mais, ayant reconnu que la fibrine des muscles diffère à certains égards de la fibrine du fluide nourricier, ils ont cru utile d'y donner un nom particulier, et ils l'appellent maintenant *syntonine* ou *musculine* (3). Ce principe

substance contractile non figurée réagit de la même manière que le tissu musculaire sous l'influence des excitants physiques et chimiques (*a*).

(1) Le tissu musculaire peut être coloré aussi par d'autres matières étrangères à sa constitution essentielle. Ainsi, chez les Saumons et quelques autres Poissons dont la chair est dite *saumonée*, les muscles sont colorés en rose jaunâtre par une matière grasse particulière à laquelle M. Fremy a donné le nom d'*acide salmonique* (*b*). On connaît aussi des Poissons dont les muscles sont en totalité ou en partie colorés en brun par des matières grasses particulières.

La teinte d'un blanc mat que nous offre la chair de quelques autres Poissons, le Squale griset (*Hexanchus griseus*), par exemple, est due également à des corps gras.

On rencontre aussi des exemples de coloration du tissu musculaire en rouge chez les Mollusques : ainsi cette particularité a été observée chez la Paludine et dans l'appareil buccal du Buccin ondé (*c*).

(2) Voyez tome Ier, p. 157.

(3) M. Kölliker pense que la coloration des muscles ne dépend pas seulement de la quantité de sang contenue dans leur tissu, car il y a trouvé une matière colorante rouge très-analogue à celle des globules sanguins, mais indépendante de ces corpuscules (*d*).

(*a*) Kuhne, *Untersuch. über das Protoplasma und die Contractilität*, 1864.
(*b*) Fremy et Valenciennes, *Rech. sur la composition des muscles dans la série animale* (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1855, t. XLI, p. 738).
(*c*) Lebert, *Rech. sur la formation des muscles* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIII, p. 170).
(*d*) Kolliker, *Microscopische Anat.*, t. II, p. 248.

immédiat est associé à une série d'autres matières albuminoïdes coagulables par la chaleur, mais mal définies encore, la *myosine* par exemple (1), à beaucoup d'eau, à des matières salines dont plusieurs ont pour base la potasse (2), et à divers produits organiques, parmi lesquels je citerai la créa-

(1) Liebig a publié des travaux importants sur les matières contenues dans le suc propre des muscles, ou plasma musculaire (*a*). On doit aussi à M. Kühne des expériences très-intéressantes sur la coagulabilité des muscles. Ce savant a retiré du tissu musculaire une matière albuminoïde particulière qu'il appelle *myosine*; elle se solidifie à une température beaucoup moins élevée que celle nécessaire pour déterminer la coagulation des autres substances de la même famille, et sa coagulation est la cause de la mort des Animaux qui périssent par l'action de la chaleur; car, dès que la température intérieure de leur corps atteint un certain degré, ce phénomène se manifeste, et détermine chez eux un état analogue à la roideur cadavérique. La température à laquelle la myosine se coagule varie suivant les espèces : ce changement dans son état moléculaire se manifeste à 34 degrés pour les muscles de la Grenouille, à 45 degrés pour les muscles des Mammifères, et puis à 48 degrés pour le muscles des Oiseaux (*b*).

(2) La proportion d'eau contenue dans le tissu musculaire frais est très-considérable; en général elle s'élève à plus de 77 pour 100 (*c*). Les matières minérales obtenues par l'incinération de la chair ne nous éclairent que peu sur la constitution des fibres musculaires, car elles proviennent en grande partie du sang et des autres matières étrangères contenues dans le tissu musculaire. Pour plus de détails à ce sujet, je me bornerai donc à renvoyer aux travaux des chimistes (*d*). J'ajouterai seulement ici que la réaction acide signalée dans les muscles paraît être un phénomène cadavérique (*e*), et qu'elle dépend non de la présence de l'acide lactique libre, comme on le supposait jadis, mais de l'existence d'une certaine quantité de phosphate acide de potasse. M. Fremy a constaté que ce sel est abondant dans les muscles des Mammifères, mais manque presque complétement dans les muscles des Crustacés (*f*).

(*a*) Liebig, *Ueber die Bestandtheile der Flüssigkeiten des Fleisches* (*Annalen*, 1847, t. LXII, p. 257; — *Ann. de chimie et de physique*, 1848, t. XXIII, p. 129).
(*b*) Kühne, *Untersuch. über das Protoplasma*.
(*c*) Lehmann, *Op. cit.*, t. III, p. 90.
(*d*) Idem, *Physiol. Chem*, t. III, p. 74.
— Bibra, *Ueber das Muskelfleisch der Menschen und der Wirbelthiere* (*Arch. für physiol. Heilkunde*, 1845, t. IV, p. 536).
— Voyez aussi Frey, *Traité d'histologie*, p. 352.
— Day, *Chemistry in its relations to Physiology*, 1860, p. 401 et suiv.
(*e*) Du Bois-Reymond, *Ann. de chim. et de phys.*, 3ᵉ série, 1859, t. LVII, p. 353.
(*f*) Fremy, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1855, t. XLI, p. 738.

tine (1), la créatinine (2), et l'acide oléophosphorique (3).

Structure intime des muscles.

§ 4. — Considéré sous le rapport de sa structure intime, le tissu musculaire présente des caractères très-remarquables (4). Il est constitué par un assemblage d'organites qui ont chacun leur individualité anatomique aussi bien que physiologique ; ces parties sont autant de muscles élémentaires, et pour la

(1) Voyez tome I[er], page 201, et tome VII, page 407. La créatine ainsi que la créatinine manquent dans les muscles des Mollusques, et y sont remplacées par la *taurine*, substance dont j'ai déjà fait mention en parlant de la composition de la bile (t. VI, p. 479).

(2) Je citerai également, parmi les matières trouvées dans les liquides que renferment les muscles, l'*inosite*, substance cristallisable, hydrocarbonée et soluble dans l'eau (*a*).

On a donné le nom de *scyllite* à une substance qui a beaucoup de ressemblance avec l'inosite, et qui a été obtenue du liquide musculaire des Poissons plagiostomes (*b*).

(3) Cet acide gras phosphoré est combiné avec la soude et se trouve en proportion variable suivant les espèces, mais en général croissante avec l'âge. Il se décompose par l'action de la chaleur, et contribue à donner à la chair de quelques Animaux (les Poissons par exemple) la saveur particulière qui s'y développe par l'action du feu (c).

(4) L'étude de la structure intime des muscles date des premiers temps de la micrographie. Pendant la seconde moitié du XVII[e] siècle, elle fut abordée vers la même époque par Malpighi, Borelli et Leeuwenhoek (*d*). Elle occupa successivement beaucoup d'autres observateurs ; mais l'imperfection des instruments dont on se servait pendant le XVIII[e] siècle, ainsi que pendant le premier quart du siècle actuel, ne permit d'arriver qu'à peu de résultats satisfaisants (*e*), et c'est surtout depuis trente ans que cette partie de l'histologie a fait des progrès considérables. Un travail important de

(*a*) Scherer, *Ueber eine neue aus dem Muskelfleische gewonnene Zuckerart* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1850, t. LXXIII, p. 332). — *Bemerk. über den Triosit* (*Verhandl. der phys. med. Gesellsch. in Würzburg*, 1852, t. II, p. 212).

(*b*) Frerich et Städeler, *Erdmann's Journ.*, t. LXXIII, p. 48).

(c) Fremy, *Op. cit.* (*Compt. rend.*, t. XLI, p. 738).

(d) Malpighi, *Opera posthuma*, 1700, p. 3.

— Borelli, *De motu Animalium*, 1681, p. 5.

— Leeuwenhoek, *Opera omnia*.

(*e*) Muys, *Investigatio fabricæ quæ in partibus musculos componentibus exstat.*

— Prochaska, *De carne musculari*, 1778.

— Fontana, *Observ. sur la structure primitive du corps animal* (*Traité sur le venin de la Vipère*, etc., 1781, t. II, p. 227).

— Home, *Philos. Trans.*, 1818-1820.

— Milne Edwards, *Mém. sur la structure élémentaire des tissus* (*Arch. gén., de méd.* 1823).

— Prévost et Dumas, *Mém. sur les phénomènes qui accompagnent la contraction musculaire* (*Journ. de physiol.*, 1823, t. III).

— Valentin, *Historiæ evolutionis syst. muscularis prolusio*, 1832.

— Skey, *On the Elementary Structure of Muscular Fibre* (*Phil. Trans.*, 1837, p. 371).

— Ficinus, *De fibræ muscularis forma et structura* (dissert. inaug.). Lipsiæ, 1836.

— Mandl, *Anat. microscopique*, 1838 t. I, p. 5.

commodité du langage on peut les désigner sous le nom de *protomyes*. Chacun d'eux se compose de deux parties essen-

M. Bowman inaugura cette nouvelle période, et, afin de faciliter les recherches que le lecteur pourra désirer faire sur ce sujet, je donnerai ici les titres de diverses publications utiles à consulter (*a*).

(*a*) Bowman, *On the Minute Structure and Movements of voluntary Muscle* (*Phil. Trans.*, 1840, p. 457). — *Muscle* (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. III, p. 506). — *Physiological Anatomy*, t. I, p. 151.

— Martin Barry, *On Fibre* (*Philos. Trans.*, 1842, p. 89).

— Holst, *De structura musculorum*. Dorpat, 1846.

— Dobie, *Obs. on the Minute Structure and Mode of Contractions of the Voluntary Muscular Fibres* (*Ann. of Nat. Hist.*, 2ᵉ série, 1849, t. III, p. 109).

— Harting, *Hil mikroskoop deszelfs gebruit geschiedenis en togenvoondige toestand*, 1848.

— Lebert, *Rech. sur la formation des muscles et sur la structure de la fibre musculaire* (*Ann. des sc. nat.*, 1849, t. XI, et 1850, t. XIII).

— Aubert, *Ueber die eigenthümliche Struktur der Thoraxmuskeln der Insecten* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1853, t. IV, p. 388).

— Leydig, *Ueber Tasthornchen und Muskelstruktur* (Müller's *Archiv f. Anat.*, 1856, p. 150).

— Fick, *Ueber die Anheftung der Muskelfasern an die Sehnen* (Müller's *Archiv für Anat.*, 1856, p. 425).

— Rollett, *Ueber freie Enden quergestreifter Muskelfäden* (*Sitzungsber. der Wien. Akad.*, 1856, t. XXI, p. 176).

— Böttcher, *Arch. für pathol. Anat.*, t. XIII, p. 227).

— Lister, *On the Minute Structure of Involontary Muscular Fibres* (*Edinb. Phil. Trans.*, 1857, t. XXI, p 540).

— Biesiadecki et Herzig, *Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern* (*Sitzungsbericht der Wien. Akad.*, 1858, t. XXXIII, p. 146).

— Herzig, *Sitzungsber. der Wien. Akad.*, t. XXX, p. 73.

— Budge, *Ueber die Fortpflanzung der Muskeln* (Moleschott's *Untersuch. zur Naturlehre*, 1859, t. VI, p. 40).

— C. Amici, *Sulla fibra muscolare* (*Nuovo Cimento*, 1859, t. IX).

— Margo, *Neue Untersuch. über die Entwick. und feinern Bau der Muskelfasern*. Vienne, 1859. — *Ueber die Muskelfasern der Mollusken*, 1860.

— Weismann, *Ueber die Muskulatur des Herzens* (*Arch. für Anat.*, 1861, p. 41).

— Deiters, *Arch. fur Anat.*, 1861, p. 393.

— Aeby, *Zeitsch. für rat. Med.*, t. XIV, p. 182 ; t. XVII, p. 195.

— Wittich, *Beitr. zur Histologie der quergestreiften Muskeln* (*Konigsb. med. Jahrb.*, 1861, t. III, p. 46).

— L. Clarke, *On the Development of striped Muscular Fibres in Man, Mammalia and Birds* (*Quart. Journ. of Microsc. Sciences*, 1862, p. 522, et 1863, p. 1).

— G. A. Wagner, *Ueber die Muskelfaser der Evertebraten* (*Arch. für Anat.*, 1863, p. 211).

— Kühne, *Die Muskelspnideln* (*Arch. f. pathol. Anat.*, 1863, t. XXVIII, p. 528).

— Rouget, *Mémoire sur les tissus contractiles* (*Journal de physiologie* de Brown-Séquard 1863, t. VI, p. 647).

— Weismann, *Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes* (*Zeitschr. für rat. Med.*, 1862, t. XV, p. 60 et 279). — *Zur Histologie der Muskeln* (*Op. cit.*, 1864, t. XXIII, p. 26).

— Beale, *On the Structure and Formation of Sarcolemma of striped Muscles*, etc. (*Quart. Journ. of Microsc. Sciences.*, 1864, p. 94).

— Coehnheim, *Ueber den feinern Bau der quergestreiften Muskelfaser* (*Arch. f. pathol. Anat.*, 1865, t. XXXIV, p. 606).

— Schneider, *Ueber die Muskeln der Würmer* (*Arch. für Anat.*, 1864, p. 590).

— Krause, *Ueber den Bau der quergestreiften Muskelfaser* (*Gatt. Nachr.*, 1868, p. 17-18 ; — *Zeitschr. für rat. Med.*, 1868, t. XXIII et 24).

— Schwalbe, *Ueber den feinern Bau der Muskelfasern Wirbelthiere* (*Arch. für microsk. Anat.*, 1869, t. V, p. 209).

— G. R. Wagener, *Ueber die quergestr. Muskelfibrille* (Schultze's *Arch.*, 1873, t. IX, p. 712). — *Ueber einige Erscheinungen an der Müskelnlibindeger Corethra-Larven* (*Op. cit.*, t. X, p. 293).

tielles, savoir : 1° d'une tunique propre ou enveloppe membraniforme, appelée *sarcolemme* (1), dont la surface interne porte un ou plusieurs corpuscules désignés sous le nom de *noyaux* (2); 2° d'une substance fondamentale, ou *myosome*, qui tantôt ressemble beaucoup à du sarcode, d'autres fois se condense sur certains points, de façon à constituer des glomérules d'une grande petitesse, dont la disposition est telle que, par leur réunion, ils peuvent se grouper, soit en séries longitudinales et former des fibres, soit en couches dirigées transversalement et représentant des rondelles ou disques superposés.

Les protomyes, ou organites primaires du système moteur, constitués de la sorte, peuvent donc être considérés comme des cellules à contenu contractile, et parfois ils conservent la forme d'utricules arrondies, tout en étant aptes à se resserrer dans tous les sens, et ils constituent alors un tissu cellulaire contractile. Mais ce mode d'organisation ne se rencontre que très-rarement dans le Règne animal, et d'ordinaire l'accroissement du protomye s'effectuant dans un sens beaucoup plus rapidement que dans tout autre, il s'allonge plus ou moins, et il acquiert ainsi la forme d'un fuseau ou d'un cylindre. Les histologistes désignent communément sous le nom de *cellules-fibres* les protomyes qui, médiocrement allongés et très-atténués aux deux bouts, sont nettement fusiformes; et on les appelle *fibres musculaires*, lorsqu'ils sont très-allongés et res-

(1) Pour mettre en évidence cette gaîne membraneuse, il suffit de déchirer le myosome en le tordant ; les deux tronçons de celui-ci s'écartent l'un de l'autre et laissent vide la portion intermédiaire du sarcolemme. Des préparations de ce genre sont figurées dans la plupart des livres d'histologie (*a*).

(2) Lorsqu'on examine ces noyaux à l'aide d'un microscope suffisamment puissant, ils présentent l'apparence de vésicules ovoïdes ou arrondies, contenant un ou deux nucléoles ; ils sont logés dans des lacunes fusiformes dont les extrémités, très-allongées, contiennent une substance granuleuse (*b*).

(*a*) Voyez Kölliker, *Op. cit.*, p. 199, fig. 104. — Frey, *Traité d'histologie*, p. 339, fig. 263.

(*b*) Rollett, *Op. cit.* (*Sitzungsber. der Wien. Akad.*, t. XXIV, p. 291). — Frey, *Op. cit.*, p. 340, fig. 264.

semblent à des cylindres grêles ou à des bandes plutôt qu'à des clostres (1).

D'autres différences dans la conformation des protomyes, ou organites élémentaires du système musculaire, dépendent du mode d'arrangement des parties constitutives du myosome, ou de l'influence que ce mode d'arrangement exerce sur le sarcolemme. Tantôt ces fibres ou cellules fusiformes sont lisses ; d'autres fois elles sont striées transversalement, et ces particularités, sur l'examen desquelles je reviendrai bientôt, correspondent à des différences importantes dans la manière dont ces parties fonctionnent.

Effectivement, envisagés au point de vue physiologique, les muscles se divisent en deux groupes. Les uns sont susceptibles d'être excités, c'est-à-dire mis en action, par l'influence de la volonté, les autres sont soustraits à l'empire de cette force. En général, les premiers sont composés de fibres striées ; les seconds, de fibres lisses ou de cellules fusiformes dépourvues de stries. Mais il n'y a rien de constant à cet égard : nous avons déjà eu l'occasion de voir que dans le cœur, dont les mouvements sont involontaires, les fibres musculaires sont striées (2), et à l'aide du microscope on peut constater que chez beaucoup d'Animaux inférieurs, des muscles à fibres lisses sont les seuls agents par l'action desquels les mouvements volontaires sont produits (3). On ne peut donc établir, entre ces caractères histologiques et les propriétés physiologiques dont je viens de

(1) Chez l'Homme, ces fibres musculaires (appelées aussi *faisceaux primitifs*) ont de $0^{mm},009$ à $0^{mm},060$.

(2) Voyez tome III, page 486.

(3) Ainsi, chez les Échinodermes, tous les muscles sont lisses (*a*). Il en est généralement de même chez les Mollusques (*b*) ; mais des fibres striées

(*a*) Exemple : Astéries ; voyez Lebert, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1850, t. III, p. 162, pl. 6, fig. 2).

(*b*) Ex. : Les Myes ; voyez Lebert, *loc. cit.*, pl. 6, fig. 6.
— Les Tridacnes ; voyez Vaillant, *Ann. des sciences nat.*, 5ᵉ série, 1865, t. IV, p. 86.
— Les Colimaçons ; voyez Lebert, *loc. cit.*, pl. 6, fig. 6.
— Les Calmars ; voyez Lebert, *loc. cit.*, pl. 6, fig. 7.

parler, aucun rapport constant; mais il est facile de voir qu'il existe une certaine relation entre l'existence des stries musculaires et le degré d'aptitude des protomyes à se contracter avec force et rapidité. Les muscles les mieux organisés sont toujours des muscles striés, et les fibres contractiles qui les constituent, lisses dans le très-jeune âge, ne présentent le premier de ces caractères que lorsqu'elles sont arrivées à l'état parfait (1). Enfin, chez la plupart des Animaux, comme je l'ai

se trouvent dans les muscles rétracteurs du pied chez le *Pecten* (a).

Chez les Helminthes, les fibres musculaires sont presque toujours lisses, et l'unique exemple connu de fibres striées a été constaté, non dans le système locomoteur, mais dans l'utérus de l'*Echinorhynbhus nodulosus* (b).

(1) Le tissu musculaire n'apparaît que tardivement dans le corps de l'animal en voie de formation : ainsi, chez l'embryon humain, il ne commence à être reconnaissable que vers la fin du second mois. Il consiste d'abord en une substance blastématique amorphe, et la plupart des micrographes s'accordent à reconnaître que cette matière donne naissance à des cellules pourvues de leur noyau et destinées à former ultérieurement des fibres. Mais je dois ajouter que M. Rouget (de Montpellier) fait à cette théorie organogénique de nombreuses objections. Dans le principe, les cellules myogènes sont arrondies et ne paraissent pas différer de celles dont se composent principalement les autres tissus ; mais en se développant, elles changent de forme : tout en ne s'élargissant que peu, elles s'allongent beaucoup et deviennent ainsi fusiformes. Dans quelques parties, elles restent toujours dans cet état, et elles constituent alors des protomyes unicellulaires à parois lisses. Ailleurs elles se compliquent, et cette complication semble pouvoir se produire de diverses façons. Ainsi, dans certains cas, les noyaux se multiplient sans que la cellule paraisse cesser d'être unique ; d'autres fois plusieurs cellules réunies bout à bout, ou chevauchant les unes sur les autres par leurs extrémités effilées, semblent se souder entre elles et se confondre en perdant leur tunique propre dans les points de soudure. Enfin, le myosome des cellules-fibres simples ou complexes peut rester indivis ou se concentrer de distance en distance, se fractionner, et donner ainsi naissance à des éléments sarceux distincts, reliés entre eux en séries linéaires longitudinales, mais disposés aussi par assises, et contribuant ainsi à former les lignes transversales qui caractérisent les muscles striés. Le striage de la fibre est donc la conséquence d'un dernier degré de perfectionnement dans la constitution du

(a) Wagner, *Lehrb. der vergl. Anat.*, t. II, p. 470. — Lebert, *loc. cit.*, p. 166.
(b) Leydig, *Traité d'histologie*, p. 148.

déjà dit, ce sont des muscles striés seulement qui entrent dans la composition de l'appareil locomoteur, appareil dont l'étude nous occupe spécialement ici.

Examinons donc de plus près quelle est la structure et quelles sont les propriétés de ces agents moteurs.

tissu contractile, et il ne se manifeste que plus ou moins tardivement (*a*).

L'accroissement des muscles paraît être dû principalement à l'augmentation du nombre des fibrilles musculaires; car chez l'adulte celles-ci ont à peu près le même diamètre que chez le fœtus, tandis que dans les premiers temps de la vie les faisceaux primitifs augmentent rapidement en diamètre aussi bien qu'en longueur (*b*). Chez quelques animaux, la Grenouille par exemple, cette production de fibrilles paraît se continuer chez l'adulte (*c*), et elle est très-remarquable chez les Insectes, à l'époque où ces Animaux subissent leurs métamorphoses (*d*). On sait aussi que, contrairement à l'opinion généralement reçue jadis, le tissu musculaire est susceptible de se régénérer dans les cas de plaie avec perte de substance. On observe aussi des phénomènes de même ordre à la suite de diverses maladies qui déterminent une atrophie temporaire des muscles (*e*).

(*a*) Voyez au sujet du développement des muscles :

— Lebert, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1849, t. XI, p. 348).

— Moritz, *Untersuch. über die Entwicklung der quergestreiften Muskelfasern* (dissert. inaug.). Dorpat, 1860.

— Schulze, *Zur Entw. der quergestreiften Muskelfasern* (*Arch. für Anat.*, 1863, p. 385).

— Clarke, *On the Development of striped muscular Fibres in Man, Mammalia and Birds* (*Journ. of Microsc. Sciences*, 1863, n° 9, p. 1).

— Peremeschko, *Die Entwicklung der quergestreiften Muskelfasern aus Muskelkerner* (*Arch. für pathol. Anat.*, 1863, t. XXVII, p. 116).

— Fox, *On the Development of striped Muscular Fibres* (*Trans. Philad. Acad.*, 1868).

— Eberth, *Zur Entwicklungsgesch. der Muskeln* (*Arch. für mikrosk. Anat.*, 1866, t. II, p. 504).

— Brandwood, *On the Development of striped Muscular Fibres in the Vertebrate* (*Med. Chir. Review*, 1866, p. 447).

— Rouget, *Mém. sur les tissus contractiles, etc.* (*Journ. de la physiol. de l'Homme et des Animaux*, 1863, t. VI, p. 647). — *Mém. sur le développement embryonnaire des fibres musculaires* (*Op. cit.*, p. 159).

(*b*) Harting, *Op. cit.*, p. 59.

(*c*) Kunckel, *Sur le développement des fibres musculaires striées chez les Insectes* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1872, t. LXXV, p. 359).

(*d*) Budge, *Ueber die Fortpflanzung der Muskeln* (Moleschott's *Untersuch. zur Naturlehre*, 1859, t. VI, p. 40).

— Schmitz, *De incremento musculorum observationes physiologicæ*, 1858 (Moleschott's *Untersuch.*, t. VI, p. 51).

— Weismann, *Op. cit.* (*Zeitschr. für rat. Med.*, 1860, t. X, p. 263).

— Wittich, *Op. cit.*

(*e*) Hepp, *Die pathologischen Veränderungen des Muskelfaser*, (dissert. inaug.). Zurich,

— Waleyer, *Ueber die Veränderungen der quergestreiften Muskeln*, etc., *sowie über die Regeneration derselben* (Virchow's *Archiv*, 1865, t. XXXIV, p. 473).

— Maslouski, *Ueber die Neubildung und die Heilung des quergestreiften Muskelgewebes* (*Wien. med. Wochenschrift*, 1868, n° 12).

— Neumann, *Ueber die Heilungsprocesse nach Muskelversetzungen* (*Arch. für microsk. Anat.*, 1868, t. IV, p. 323).

— Dagott, *Die Regeneration der quergestreiften Muskeln* (dissert. inaug.). Königsberg, 1869.

§ 5. — Lorsqu'on étudie à l'aide d'un microscope très-puissant le myosome, ou substance intérieure d'une fibre musculaire striée, on voit que cette substance n'est pas homogène; on y distingue une multitude de points obscurs ou corpuscules, qui sont séparés entre eux par une matière transparente. Jadis on les appelait des globules; mais aujourd'hui les histologistes préfèrent leur donner les noms de particules primitives du tissu musculaire ou d'*éléments sarceux*, changement que je ne repousserai pas, car il n'a d'autre inconvénient que de donner une apparence de nouveauté à une vieille idée. La disposition de ces particules d'une petitesse extrême n'est pas facile à déterminer avec les moyens d'observation dont nous disposons; mais, lorsqu'on étudie les fibres musculaires les plus élevées en organisation, on voit que les points en question constituent des séries linéaires dirigées dans le sens de l'axe de la fibre. Souvent on parvient même à séparer ces séries longitudinales entre elles; l'opération est facilitée par l'action de divers réactifs chimiques, et, lorsqu'elle réussit, le myosome paraît être constitué par un faisceau de *fibrilles* élémentaires plus ou moins comparables à des chapelets, ou mieux encore à un cylindre ou à un prisme à angles arrondis, qui résulte de la superposition d'une multitude de petites rondelles ou de polyèdres (1). Quelquefois même ce mode d'arrangement est visible à travers le sarcolemme et produit sur la surface de la fibre des

(1) Lorsqu'on observe ces fibres avec de mauvais microscopes (comme l'étaient la plupart de ceux employés à cet usage il y a cinquante ans), les éléments sarceux paraissent plus renflés qu'ils ne le sont réellement; c'est pour cette raison que dans les figures publiées vers cette époque, on représentait ces parties comme étant de petites sphères et qu'on les désignait sous le nom de globules (*a*). L'aspect particulier des fibres dont il vient d'être question a été interprété d'une autre manière par Barry. Ce micrographe l'attribuait à l'existence d'une bande étroite située dans l'intérieur de la gaîne sarcolem-

(*a*) E. Home, *Op. cit.*
— Milne Edwards, *Op. cit.*

stries longitudinales. Enfin la structure fasciculée de ces fibres élémentaires me semble être également mise en évidence par l'apparence de la surface d'une section horizontale qui présente l'aspect d'une mosaïque d'une délicatesse extrême (1). Il me paraît donc bien démontré que les protomyes dont je viens de parler peuvent être composés de filaments ou fibrilles élémentaires réunies par une substance interstitielle amorphe et semi-fluide (2) ; cependant je ne puis me prononcer avec le même degré de confiance sur le mode de constitution de ces fibrilles. Quelques observateurs pensent que celles-ci sont des cylindres continus de matière sarcodique simplement élargis ou étranglés de distance en distance, et variant de densité entre les parties délimitées de la sorte; mais j'incline à penser que chaque corpuscule apparent est en réalité une individualité histogénique.

Un fait important dont on doit la connaissance à M. Bowman vient corroborer cette manière de voir. Dans certaines circonstances, la fibre striée, au lieu de se résoudre en un écheveau de fibrilles, se divise transversalement en une série de rondelles. Or, cette espèce de clivage serait difficile à expliquer si les fibrilles étaient des cylindres continus; tandis qu'on peut s'en rendre facilement compte dans l'hypothèse de la composition de ces cylindres par la juxtaposition d'élé-

mique et tordue en spirale (*a*) ; mais cette hypothèse a été renversée par les observations de M. Bowman (*b*).

(1) La disposition des aires occupées sur ces sections par les fibrilles élémentaires du myosome, ou petites colonnes musculaires, au milieu de la substance interstitielle circonvoisine, a été étudiée avec beaucoup de soin par M. Cohenheim et M. Kölliker (*b*).

(2) L'existence d'une substance particulière entre les éléments sarceux a été démontrée par les expériences de MM. Häckel, Reisner et autres (*d*).

(*a*) Martin Barry, *On Fibre* (*Philos. Trans.*, 1841, p. 98).
(*b*) Bowman and Todd, *Physiol. Anat.*, t. I, p. 155, fig. 39.
(*c*) Cohenheim, *Op. cit.* (*Arch. für pathol. Anat.*, 1865, t. XXXIV, p. 606).
— Kölliker, *Ueber die Cohenheims Felder der Muskelquerschnitte* (*Zeitschr. für wiss Zool.*, 1866, t. X, p 374).
(*d*) Häckel, *Ueber die Gewebe des Flusskrebses* (*Müller's Archiv*, 1857, p. 486).
— Reiser, *Die Einwirkung verschiedener Reagentien auf den quergestreiften Muskelfäden*, Diss. inaug Zurich, 1860.

ments sarceux distincts. En effet, les points obscurs attribués à ceux-ci sont situés sur le même niveau dans les différentes séries longitudinales, et représentent par conséquent des assises horizontales qui peuvent se séparer entre elles, sans que leurs matériaux constitutifs, empruntés à toutes les séries longitudinales réunies en faisceau, se soient disjoints (1). Chez les Vertébrés supérieurs, ces éléments sarceux sont d'une petitesse extrême; je crois cependant être parvenu à les isoler. Mais chez d'autres Animaux ils ont des dimensions beaucoup plus considérables et ils sont faciles à disjoindre (2). Ailleurs, au contraire, ils s'effa-

(1) Fontana avait depuis longtemps attribué l'apparence striée des fibres musculaires à la situation sur un même plan transversal des globules ou points obscurs et renflés des diverses fibrilles réunies en faisceaux dans une gaîne commune (*a*) ; mais c'est à M. Bowman que l'on doit la connaissance de cette tendance de la fibre à se diviser transversalement en disques, aussi bien qu'à se résoudre en filaments longitudinaux. M. Bowman pense que, dans l'état normal, les éléments sarceux des muscles (ou globules) sont simplement juxtaposés d'une manière régulière dans tous les sens, sans constituer ni fibrilles ni disques, et que leur clivage dans telle ou telle direction dépend d'influences non physiologiques, telles que les manipulations auxquelles le micrographe a recours pour la préparation des objets soumis à ses investigations (*b*). Un des moyens les plus efficaces pour obtenir la division des fibres charnues en disques est la macération dans l'acide chlorhydrique ou dans l'acide acétique convenablement dilués (*c*). M. Leydig se montre favorable à l'opinion de M. Bowman, relative à la non-existence de fibrilles primitives dans l'état physiologique (*d*) ; mais il rappelle avec raison que dans quelques cas, elles sont évidentes : par exemple dans les muscles thoraciques des Insectes et dans les muscles sous-cutanés des *Mermis* (*e*).

(2) Ainsi, chez l'Écrevisse, ils paraissent avoir de 2 à 9 millièmes de millimètre, et, après les avoir fait gonfler dans l'eau, M. Häckel est parvenu à les séparer entre eux : ils se présentaient alors sous la forme d'un prisme à six pans (*f*).

Chez le Protée et l'Axolotl, les éléments sarceux sont aussi moins petits

(*a*) Fontana, *Traité sur le venin de la Vipère, et observ. sur la structure primitive du corps animal*, 1781, t. II, p. 229.

(*b*) Bowman, *On the Minute Structure and Movements of Voluntary Muscles* (*Philos. Trans.*, 1840, p. 445).

(*c*) Lehmann, *Physiological Chemistry*, t. III, p. 83.

(*d*) Leydig, *Traité d'histologie*, p. 44.

(*e*) Meissner, *Anat. und Physiol. von* Mermis albicans (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1854, t. V, p. 214).

(*f*) Häckel *Ueber die Gewebe des Flusskrebses* (Muller's *Archiv für Anat.*, 1857, p. 495, pl. 19, fig. 13).

cent de plus en plus ou cessent d'être visibles, si ce n'est sous l'influence de réactifs qui modifient évidemment la constitution du tissu, et un passage graduel s'établit ainsi entre les fibres striées et les fibres lisses, ou les cellules fusiformes et autres protomyes du même ordre (1). Il est aussi à noter que les propriétés optiques des éléments sarceux et de la substance interstitielle ne sont pas les mêmes ; on peut s'en assurer en les observant au moyen de la lumière polarisée (2), et il y a même lieu de penser que le liquide situé entre ces éléments organiques n'est pas de même nature que la substance située entre ceux-ci et le sarcolemme (3).

et moins difficiles à observer que chez les Mammifères (*a*). Il est aussi à noter que, chez la Mouche domestique, la substance intermédiaire aux éléments sarceux est particulièrement abondante (*b*).

(1) Quelques auteurs pensent que dans l'état physiologique, les corpuscules en question n'existent pas, et que leur formation est due, soit à une sorte de coagulation spontanée s'opérant après la mort, soit aux agents dont les micrographes se servent pour les mettre en évidence (*c*). Certains physiologistes pensent même qu'à l'état vivant, le myosome est liquide (*d*).

(2) M. Brücke, à qui l'on doit un travail important sur ce sujet, a cru pouvoir déduire de ses observations que chaque segment correspondant à ce qu'on appelle communément un élément sarceux est constitué par un groupe de très-petits corpuscules qu'il désigne sous le nom de *disdiaclastes* (*e*). Mais ses conclusions relatives à la constitution de la fibre musculaire ont été combattues par d'autres micrographes (*f*).

(3) La division des fibres en fibrilles longitudinales est favorisée par certains réactifs, tandis que leur division transversale en disques superposés est provoquée par l'action d'autres liquides. Ainsi l'alcool et le bicarbonate de potasse déterminent la première de ces altérations ; tandis que l'acide chlorhydrique très-étendu détermine la seconde. Il en faut conclure

(*a*) Frey, *Traité d'histologie*, p. 344, fig. 267.

(*b*) Amici, *Sulla fibre muscolare* (*Nuovo Cimento*, 1859, t. IX, p. 5).

(*c*) Kölliker, *Traité d'histologie*, p. 202.

— Leydig, *Op. cit.*

(*d*) Kuhne, *Ueber sogenannte idiomusculare Contraction* (*Arch. für Anat.*, 1859, p. 418 ; — *Virchow's Arch.*, t. VI, p. 222).

— Hermann, *Grundriss der Physiol. des Menschen*, 1863.

(*e*) E. Brücke, *Untersuch. über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polärischen Lichtes* (*Denkschriften*, Wien, 1858).

(*f*) Valentin, *Die Untersuch. der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirten Lichte*, 1861.

— Rouget, *Des phénomènes de polarisation qui s'observent dans quelques tissus des Végétaux et des Animaux* (*Journ. de la physiol. de l'Homme et des Animaux*, 1862, t. V, p. 247).

Les fibres, quelle que soit leur constitution élémentaire (1), ont la forme de polyèdres à angles arrondis et en général atténués à leurs deux extrémités; leur diamètre varie suivant les espèces, les individus et même les régions du corps où on les examine. C'est chez les Oiseaux qu'elles sont le plus grêles, et parmi les Vertébrés ce sont les Poissons qui nous offrent les plus grosses (2). Parfois leur longueur est très-considérable (3), mais en général elle est de beaucoup inférieure à celle du faisceau dont la fibre fait partie.

Les fibres et les cellules constitutives des muscles peuvent se grouper de diverses manières. Quelquefois elles affectent une disposition radiaire, ou s'enchevêtrent de façon à donner naissance à une sorte de réseau (4); mais presque toujours elles sont réunies en faisceaux et unies entre elles d'une manière

que la substance qui unit entre eux les éléments sarceux d'une même série longitudinale, n'est pas de même nature que la substance située entre ces séries et les séries circonvoisines (*a*).

(1) Chez les Insectes, les Crustacés les Limules et les Arachnides, les muscles sont striés, et, d'après quelques auteurs, l'axe des fibres serait tubuliforme et occupé par une substance granuleuse claire et des sphérules ou noyaux disposés en une ou plusieurs séries longitudinales; mais cette opinion paraît être due à une illusion d'optique (*b*).

(2) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux observations de MM. Bowman, Harting, etc. (*c*). Chez l'Homme, le diamètre des fibres en question varie entre 11 et 67 micromillimètres (ou millièmes de millimètre), et c'est aux muscles de la face qu'elles ont le plus de finesse (*d*). Sous ce rapport, les Insectes sont supérieurs aux Poissons, et les Mammifères se placent entre les Reptiles et les Oiseaux.

(3) Chez les Vers du genre *Gordius*, chaque faisceau primitif, ou cylindre musculaire, s'étend sans interruption dans toute la longueur du corps (*e*).

(4) Cette disposition s'observe quand les fibres musculaires se ramifient, au lieu de rester simples : on la rencontre dans le cœur de l'Homme (*f*), la langue de la Grenouille, etc.

(*a*) Häckel, *Op. cit.* (Muller's *Archiv für Anat.*, 1857, p. 491).
— Reiser, *Die Entwicklung verschiedener Reagenten auf den quergestreiften Muskelfäden*. Zurich, 1860.
(*b*) Wagner, *Op. cit.* (*Arch. für Anat.*, 1863, p. 211).
(*c*) Bowman, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1840, p. 460).
— Hartig, *Microscop*, t. IV.
(*d*) Kölliker, *Élém. d'histol.*, 1869, p. 207.
(*e*) Meissner, *Zur Anat. und Physiol. der Gordiaceen* (*Zeitschr. für wiss. Zool.*, 1856, t. VII).
(*f*) Frey, *Op. cit.*, p. 318, fig. 271.

lâche par du tissu conjonctif (1), qui constitue aussi à la surface de ces agrégats une sorte de tunique particulière appelée *perimysium* (2).

Les faisceaux ainsi constitués sont parfois simples, c'est-à-dire composés de fibres qui en occupent toute la longueur ; mais le plus ordinairement ils sont formés par l'assemblage de fibres beaucoup plus courtes, qui se succèdent dans la direction longitudinale en chevauchant les unes sur les autres par leurs extrémités effilées (3). Ces faisceaux s'agrègent entre eux pour

(1) Quelquefois ces faisceaux sont, pour ainsi dire, empâtés dans la substance des tissus circonvoisins et sont très-difficiles à séparer : chez les Némertes, par exemple.

(2) La forme des fibres varie notablement suivant les Animaux. Quelques histologistes ont cherché à classer d'une manière rigoureuse toutes les variétés du tissu musculaire en deux divisions : celle des *cellules musculaires*, et celle des *fibres musculaires* (*a*). Mais, ainsi que M. Kölliker l'a fait remarquer avec beaucoup de raison, il y a une multitude de passages entre ces deux formes, et même la distinction entre les muscles lisses et les muscles à fibres striées n'est pas toujours naturelle (*b*). Il faut dire seulement que d'ordinaire les fibres-cellules ou fibres lisses ne produisent que des mouvements involontaires, et qu'en général aussi les mouvements volontaires résultent de l'action de fibres striées.

L'auteur que je viens de citer résume de la manière suivante les modifications observées dans la structure du tissu musculaire.

1° *Cellules musculaires simples à noyau unique*, arrondies, fusiformes ou étoilées, avec ou sans stries transversales.

2° *Réseaux de cellules musculaires fusiformes ou étoilées*, dont les cellules sont avec ou sans stries transversales.

3° *Fibres et réseaux de fibres résultant de la fusion de cellules arrondies*, et dont les deux éléments ne sont plus distincts.

4° *Fibres musculaires striées, allongées, à noyaux multiples*, répondant, au point de vue du développement, à des cellules simples, mais, au point de vue physiologique, à des séries de cellules.

M. Ranvier a constaté dernièrement des différences de structure entre les muscles rouges et les muscles pâles (*c*).

(3) Cette disposition (*d*) est démontrée par l'existence d'une multitude de fibres fusiformes dont les extrémités

(*a*) Weismann, *Op. cit.* (*Zeitschr. für rat. Med.*, t. XV et t. XXIII).

(*b*) Kölliker, *Traité d'histologie*, p. 3.

(*c*) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, nov. 1873, p. 1030.

(*d*) Rollett, *Ueber freie Enden quergestreifter Muskelfäden im Innern der Muskeln* (*Sitzungsbericht der Wien. Acad.*, 1856, t. XXI, p. 176, fig. 1-3).

— Herzig, *Spindelförmige Elemente quergestreifter Muskeln* (*Sitzungsber. der Wien. Akad.*, 1858, t. XXX, p. 73).

former des bottes plus grosses, et l'on donne le nom de muscle à ces assemblages, toutes les fois qu'ils sont distincts des faisceaux adjacents et disposés de façon à remplir une fonction particulière (1).

Vaisseaux et nerfs des muscles.

Les vaisseaux nourriciers des muscles se ramifient dans les espaces interfasciculaires, mais ne traversent pas le sarcolemme pour pénétrer dans l'intérieur des protomyes; et lorsque le système vasculaire manque, comme chez les Insectes, ces canaux irrigateurs sont remplacés par les lacunes capillaires situées entre ces fibres, espaces qui communiquent librement avec les grandes cavités sanguifères, ainsi qu'on peut facilement s'en convaincre à l'aide d'injections colorées poussées dans la chambre viscérale.

Les nerfs qui se distribuent aux muscles passent transversalement sur les fibres et y forment des plexus ou des anses auxquels quelques physiologistes ont attaché beaucoup d'importance (2) ; mais les branches nerveuses terminales se rendent jusque sur le sarcolemme, et il y a même lieu de penser qu'elles pénètrent dans l'intérieur de la gaîne formée par cette tunique : souvent, en y arrivant, elles s'y étalent d'une manière fort remarquable (3), et dans d'autres cas elles y forment un

se voient au milieu de la substance charnue de beaucoup de muscles.

(1) Le réseau capillaire formé par les artérioles est très-riche et ses mailles sont très-allongées parallèlement aux fibres (*a*).

(2) Cette disposition, signalée par MM. Prévost et Dumas (*b*), a donné lieu à une hypothèse pour l'explication de la contraction musculaire, qui, au premier abord, paraissait fort plausible, mais qui a dû être abandonnée, comme nous le verrons ci-après.

(3) Cette disposition a été observée d'abord par Doyère chez les Tardigrades, puis chez un Mollusque par M. de Quatrefages (*c*). Elle a été constatée chez un grand nombre d'autres Animaux par M. Rouget, et depuis quelques années a donné lieu à plusieurs publications intéressantes (*d*).

(*a*) Frey, *Op. cit.*, p. 350, fig. 274.
(*b*) Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Journ. de Magendie*, 1823, t. III).
(*c*) Doyère, *Mém. sur les Tardigrades* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1840, t. XX, p. 300, pl. 11, fig. 12).
(*d*) Rouget, *Sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1862, t. LV, p. 548).

réseau (1). Nous aurons à revenir sur ce sujet, lorsque nous étudierons spécialement la structure du système nerveux.

§ 6. — Par leurs extrémités, les fibres musculaires sont attachées les unes aux autres ou fixées aux parties adjacentes, soit directement, soit par des organes conducteurs du mouvement comparables à des cordes ou à des lanières, et désignés sous les noms de *tendons*, d'*aponévroses*, de *ligaments*, suivant leur forme. Tendons, etc.

Dans le premier cas, ces fibres charnues sont, comme je l'ai déjà dit, amincies au bout; mais, dans le second, leur extrémité est en général arrondie ou même élargie, pour mieux s'appliquer sur le tendon ou l'aponévrose qui y donne insertion. Du reste, c'est principalement au moyen du sarcolemme ou des enveloppes de tissu conjonctif des faisceaux musculaires, désigné sous le nom général de *perimysium*, que l'adhérence s'établit, et ce tissu est en continuité de substance avec celui de même nature, qui entre dans la composition du tendon ou du représentant fonctionnel de cet organe, le périoste ou le périchondre par exemple (2).

Du reste, il me paraît probable que la substance nerveuse du cylindre-axe ne se termine pas dans ces plaques et se continue au delà.

(1) Il existe parmi les micrographes beaucoup de divergences d'opinions au sujet des relations des filets terminaux des nerfs avec les fibres primitives des muscles, ainsi qu'on peut le voir par les écrits cités ici (*a*).

(2) Il est aussi à noter que le mode de terminaison des fibres sur leur tendon d'insertion varie suivant qu'elles se continuent avec les filaments con-

— Kühne, *Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven*, 1862.

— Krauss, *Bemerk. über einige histologische Controversen* (*Zeitschr. für rat. Med.*, 1862, t. XV, p. 184).

— Margo, *Ueber die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelsubstanz*, 1862 (*Zeitschr. für rat. Med. Bericht*, p. 47).

— Engelmann, *Untersuch. über den Zusammenhang von Nerven und Muskelfaser*, 1865.

(*a*) Kühne, *Untersuch. über Bewegung und Veränderungen der contractilen Substanzen* (*Arch. für Anat.*, 1867). — *Zusam. von Nerven und. Muskelf.* (Virchow's *Arch.*, t. XXIX, p. 207).

— Beale, *On the Distribution of Nerves to the elementary Fibres of the striped Muscle* (*Phil. Trans.*, 1860, p. 611). — *Further Observ.*, etc. (*Philos. Trans.*, 1862, p. 889, pl. 41-44). — *Quart. Journ. of micros. sc.*, 1864 et 1865.

— Kölliker, *Untersuch. über die letzten Endigungen der Nerven* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1863, t. XII, p. 149, pl. 13-16).

— Arndt, *Ueber die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelfasern* (*Arch. für Microsk. Anat.*, 1873, t. IX, p. 481).

Les tendons et les aponévroses d'insertion, qui ne sont, pour ainsi dire, que des tendons membraniformes, se composent de fibres comme les muscles, mais ces fibres ne sont pas contractiles ; elles sont formées essentiellement de tissu conjonctif dont les cellules sont allongées et disposées longitudinalement en faisceau. Elles sont d'un blanc nacré, et par l'analyse chimique, au lieu de donner de la fibrine, elles fournissent la matière qui, par l'ébullition dans l'eau, se transforme en gélatine (1).

Il arrive souvent que le tissu constitutif des tendons, et même des aponévroses, s'ossifie en partie. Les os accessoires du squelette désignés sous le nom d'*os sésamoïdes* sont des produits de ce genre, et, chez quelques Animaux, certains tendons, principalement ceux des muscles de la patte, s'ossifient dans presque toute leur longueur. Une consolidation analogue se fait remarquer dans les prolongements intérieurs du système tégumentaire qui donnent attache aux muscles chez divers Animaux articulés, et qui constituent les *apodèmes d'insertion* (2).

§ 7. — Les muscles dont l'étude nous occupe en ce moment, c'est-à-dire les muscles producteurs des mouvements volontaires, sont tantôt des dépendances de l'appareil tégumentaire, d'autres fois des annexes du squelette intérieur, et ils constituent ainsi deux systèmes : un système sous-cutané, et un système intermédiaire indépendant de la peau et situé autour de

stitutifs de celui-ci, ou qu'elles forment avec eux un angle plus ou moins ouvert : dans le premier cas elles s'atténuent vers le bout, tandis que dans le second cas elles paraissent s'interrompre subitement (a). Dans l'un et l'autre cas, la portion du sarcolemme qui revêt l'extrémité de la fibre est soudée à la partie adjacente du tendon (b).

(1) Le tissu constitutif des tendons contient aussi une certaine quantité de phosphate de chaux, de chlorure de sodium et de chlorure de potassium.

(2) Voyez ci-dessus, page 201.

(a) Kölliker, *Op. cit.*, p. 213, fig. 116.

(b) Weismann, *Ueber die Verbindung der Muskelfasern mit ihren Ansatzpunkten* (*Zeitschr. für rat. Med.*, 1871, t. XII, p. 126).

la charpente intérieure du corps, dans l'espace compris entre l'enveloppe tégumentaire externe et les tuniques constitutives du tube digestif. Chez les Animaux invertébrés, le premier de ces deux systèmes est en général le seul existant, et il forme la totalité des parties actives de l'appareil locomoteur. Chez les Vertébrés, au contraire, le système musculaire sous-cutané est toujours très-réduit, et son rôle n'a que très-peu d'importance, tandis que le système musculaire intermédiaire ou squelettique acquiert un grand développement et intervient seul dans la production des mouvements généraux de l'Animal. Du reste, que le muscle appartienne à l'un ou à l'autre de ces systèmes organiques, ses fonctions sont les mêmes; il exerce une certaine traction sur les parties auxquelles il est fixé, et de la sorte les déplace en totalité ou en partie.

Pour aller plus avant dans l'histoire physiologique des mouvements, il nous faut donc étudier les muscles en action, et chercher à nous rendre compte du mécanisme à l'aide duquel ils déterminent ces effets. Dans la prochaine Leçon, nous nous occuperons donc de la faculté motrice dont ces organes sont doués.

QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME LEÇON.

De la contraction musculaire. — Relations de ce phénomène avec l'électricité. — Relations entre le développement de la puissance musculaire et la combustion physiologique.

Irritabilité ou contractilité musculaire.

§ 1. — Les fibres musculaires, comme les autres tissus de l'économie animale, jouissent d'un certain degré d'élasticité. Mais, ainsi que je l'ai déjà dit, elles possèdent en même temps une autre propriété qui est plus importante et qui leur appartient presque exclusivement, savoir : la *contractilité* (1). Les mouvements dépendants de ces deux propriétés ont entre eux plus d'analogie qu'on ne le suppose d'ordinaire, mais ils diffèrent les uns des autres par un caractère essentiel. En vertu de chacune de ces propriétés, les fibres musculaires sont susceptibles de se raccourcir, et d'exercer ainsi un certain effort sur les corps auxquels leurs extrémités sont fixées. Mais ce raccourcissement, ou rétraction, est une conséquence de leur élasticité : il ne s'effectue qu'à la suite d'un allongement déterminé par une charge ou force mécanique étrangère, et amène un repos moléculaire (2). La *contraction*, au contraire,

(1) Beaucoup de physiologistes, à l'exemple de Haller (*a*), désignent aussi sous le nom d'*irritabilité* la faculté de se contracter sous l'influence de certaines excitations, soit immédiates, soit extérieures. Mais cette expression est appliquée aussi à la faculté que possèdent les nerfs de provoquer des contractions musculaires lorsque ces organes sont soumis à l'influence de certains stimulants, et par conséquent, afin d'éviter toute ambiguïté dans le langage, il me paraîtrait préférable de ne pas employer le mot *irritabilité* comme synonyme de contractilité. La découverte de la contractilité des muscles paraît appartenir à Érasistrate.

(2) La propriété que les physiologistes désignent sous le nom de *tonicité musculaire* n'est autre chose que l'élasticité propre au tissu musculaire

(*a*) Haller, *Mém. sur les parties sensibles et irritables des parties du corps animal*, 1756.

n'est pas un phénomène consécutif, elle n'est pas dépendante d'un allongement préalable ; elle trouve son principe d'action dans le corps qui se meut et qui revient à l'état de repos lorsqu'elle cesse de se manifester ; enfin elle est susceptible d'être mise en jeu par l'application directe d'une multitude de stimulants étrangers à celui-ci : par exemple la piqûre produite par un instrument pointu, le contact d'un caustique et d'autres agents chimiques, l'électricité et l'influence nerveuse.

Agents excito-moteurs.

Nous avons vu précédemment que les muscles sont de deux sortes : les uns obéissent à la volonté, les autres en sont complétement indépendants et sont mis en jeu par d'autres mobiles. En traitant des fonctions du cœur, j'ai eu l'occasion de parler des propriétés physiologiques de ces dernières (1), et ici je n'aurai pas à y revenir ; car les mouvements à l'aide desquels la

vivant Lorsqu'un muscle est dans l'état de repos comme organe contractile, il peut ne pas l'être comme corps élastique, et en effet, dans l'économie animale, il est en général maintenu dans un certain degré d'allongement par la résistance des parties auxquelles ses extrémités sont attachées ; aussi, lorsqu'il vient à être divisé transversalement, on voit les deux portions s'écarter entre elles et se raccourcir plus ou moins. Il en résulte que le muscle, sans se contracter, exerce une certaine traction sur les corps auxquels il est fixé, et, lorsque cette extension forcée cesse, il se raccourcit d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que sa longueur est plus grande.

Des expériences faites sur le muscle sphincter de la vessie chez les Lapins par Heidenhain et Colberg montrent bien la différence qui existe dans le degré de rétractilité des fibres charnues pendant la vie et après la mort. Ayant rempli d'eau ce réservoir urinaire, ils ont mesuré à l'aide d'un manomètre la pression nécessaire pour vaincre la résistance du sphincter et déterminer l'écoulement du liquide. Quand l'Animal était vivant, cette pression était représentée par une colonne d'eau ayant 27 centimètres de hauteur, tandis qu'immédiatement après la mort elle descendit à 5 centimètres (*a*). Du reste, l'action nerveuse réflexe paraît exercer une influence considérable sur ces phénomènes de tonicité (*b*).

(1) Voyez tome IV, p. 134 et suiv.

(*a*) Heidenhain und Colberg, *Versuche über den Tonus des Blasenschliessmuskels* (Müller's *Archiv für Anat.*, 1858, p. 437).

(*b*) Brondgeest, *Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln* (*Archiv für die holländische Beiträge zur Natur- und Heilkunde*, 1858, t. II, p. 320).

locomotion s'effectue sont toujours des mouvements volontaires.

L'action de la volonté s'exerce sur les muscles par l'intermédiaire des nerfs qui se rendent à ces organes, et, lorsque nous étudierons les propriétés du système nerveux, nous verrons comment ces conducteurs de la force excito-motrice fonctionnent. Ici je me bornerai à dire que, mis en jeu par d'autres agents, ils provoquent également les contractions musculaires, et que celles-ci peuvent être déterminées aussi, sans l'intermédiaire des nerfs, par l'action directe de divers stimulants sur la substance constitutive du muscle.

Les stimulants ou excitants de la contractilité musculaire peuvent être classés en trois catégories, savoir : les excitants physiologiques ou vitaux, tels que l'influence de la volonté ou une action nerveuse réflexe ; les excitants physiques et les excitants chimiques.

Comme exemples de ces derniers, je citerai l'acide chlorhydrique extrêmement dilué, et l'acide cholique, qui se trouve dans la bile.

Les stimulants physiques sont très-variés, et leur emploi est si fréquent dans l'étude de la contractilité, qu'il est nécessaire de nous y arrêter ici un instant. Les uns sont mécaniques, d'autres sont thermiques ou électriques.

Ainsi la contraction peut être provoquée par la piqûre du nerf moteur, par un choc imprimé à ce conducteur des agents excitateurs, ou par des actions analogues exercées directement sur le tissu musculaire.

L'irritabilité musculaire est en général affaiblie par le froid et augmentée par une chaleur douce ; mais elle est détruite par une température suffisamment élevée pour altérer la structure du muscle en déterminant la coagulation de la myosine (1). Certains

(1) Voyez ci-dessus, page 445.

muscles peuvent aussi être mis en action par des changements de température (1); mais les muscles de la vie animale, les seuls dont nous ayons à nous occuper ici, sont en général *athermosystaltiques*, c'est-à-dire non irritables par l'influence de variations de ce genre (2).

La propriété excito-motrice de l'électricité est plus développée et plus importante à connaître. Vers le milieu du XVII[e] siècle, dès qu'Otto de Guericke eut inventé la machine électrique, les physiciens constatèrent que l'étincelle fournie par cet instrument est capable de déterminer dans les muscles de l'Homme ou des autres Animaux des contractions involontaires, et, un siècle après, les expériences de Galvani firent voir que l'électricité développée d'une autre manière produit sur ces organes vivants des effets encore plus semblables à ceux que la volonté y produit dans les circonstances ordinaires (3).

Le 20 septembre 1781, ce physiologiste illustre, occupé

(1) On a appelé *muscles thermosystaltiques*, ceux qui peuvent être mis en mouvement par des changements brusques de température, comme nous l'avons déjà vu pour les fibres charnues du cœur (*a*). Cette propriété se rencontre aussi chez beaucoup de fibres musculaires non striées, par exemple celles du dartos, de l'utérus et des intestins.

(2) Chez le fœtus, il n'en est pas de même ; tous les muscles sont alors thermosystaltiques.

(3) Vers le milieu du XVIII[e] siècle, les expériences physiologiques faites par Muschenbroek au moyen de la bouteille de Leyde excitèrent vivement l'attention des médecins et des physiciens. Nollet et beaucoup d'autres expérimentateurs cherchèrent à tirer parti des commotions électriques comme agents curatifs, et ce furent des investigations de cet ordre qui conduisirent Galvani à faire les découvertes auxquelles son nom est resté attaché. En 1772, il avait communiqué à l'Académie de Bologne un mémoire sur l'irritabilité hallérienne, et l'année suivante il présenta au même corps savant un travail sur les mouvements musculaires de la Grenouille; mais sa grande découverte, quoique faite en 1781, ne fut publiée par la voie de la presse qu'en 1791 (*b*). L. Galvani, professeur d'anatomie à l'université de Bologne, naquit en 1737 et mourut en 1791.

(*a*) Voyez tome IV, p. 122.

(*b*) Galvani, *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* (*Comment. del Istituto di Bologna*, 1791, t. VII ; — *Collezione delle opere edite ed inedite del prof. Galvani*, p. 61, édit. 1841).

depuis longtemps de recherches expérimentales sur les mouvements que l'étincelle électrique provoque dans les muscles de la Grenouille, fut conduit par le hasard à observer un des phénomènes les plus singuliers et les plus importants parmi ceux dont la science moderne nous a révélé l'existence. Ayant suspendu à un balcon de fer, à l'aide d'un crochet métallique passé dans les nerfs sciatiques, le train postérieur d'une Grenouille récemment tuée et dépouillée de sa peau, il vit celle-ci agitée de convulsions violentes chaque fois que, poussée par le vent, ses muscles ainsi mis à nu allaient toucher le fer du balcon. Une observation analogue avait été faite précédemment par un naturaliste dont le nom a déjà été prononcé plus d'une fois avec éloge dans ces Leçons, Swammerdam (1); mais, à l'époque où vivait cet observateur, la science n'était pas mûre pour féconder sa remarque, et elle passa inaperçue, tandis qu'entre les mains de Galvani et de ses contemporains, le même fait excita au plus haut degré l'attention des physiciens, et donna lieu à une longue série de découvertes du premier ordre. L'invention de Volta fut une de ces découvertes, et l'étude des courants électriques développés par l'appareil qui porte son nom, ou par d'autres moyens dont il serait inutile de nous occuper ici, contribua puissamment aux progrès de nos connaissances relatives à l'histoire physiologique des mouvements musculaires. J'aurai bientôt à revenir sur les relations qui existent entre les

(1) Ce naturaliste éminent s'est beaucoup occupé de l'étude des mouvements musculaires, et, dans une de ses expériences, il a vu qu'un muscle de Grenouille séparé du corps de l'Animal vivant et suspendu par son nerf à un fil d'argent, se contractait chaque fois que ce fil métallique était mis en contact avec un anneau de cuivre placé dans le voisinage (a). Mais Swammerdam interpréta mal le phénomène dont il avait été témoin, et son observation resta inaperçue jusqu'en 1841, époque où Duméril la signala à l'attention des physiciens (b). Le mérite de Galvani n'est donc aucunement diminué par la priorité des observations de Swammerdam.

(a) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, 1738, t. II, p. 480.
(b) Duméril et Bibron, *Erpétologie générale*, 1841, t. VIII, p. 315.

phénomènes électriques et l'action des muscles ; mais pour le moment je n'envisagerai ce sujet que sous un seul point de vue, savoir, l'influence exercée sur la contractilité par l'électricité en mouvement (1).

Le muscle d'un Animal vivant ou récemment mort est un galvanomètre d'une sensibilité exquise : traversé par un courant électrique, il se contracte toutes les fois que ce courant change d'intensité ou de direction, et les effets de cet agent excitateur se manifestent par le raccourcissement des fibres charnues, soit qu'il agisse directement sur leur substance, soit qu'il agisse sur le nerf moteur de ces organes. Les muscles de la Grenouille sont particulièrement favorables pour la démonstration des phénomènes de cet ordre, et l'on désigne communément sous le nom de *Grenouille rhéométrique* ou *Grenouille galvanique* un de ces animaux préparé de façon à être facilement employé à cet usage (2).

(1) L'histoire des découvertes faites successivement sur ce sujet a été présentée d'une manière très-lucide par le professeur Pouillet dans un rapport sur les travaux de M. du Bois-Reymond (*a*). Ici je me bornerai à citer les titres des principaux ouvrages ou mémoires qu'il convient de consulter sur ce sujet (*b*).

(2) Pour préparer une Grenouille à la *manière de Galvani*, on fait choix d'un individu bien vivace et on le coupe en deux, un peu au dessous des membres antérieurs. Le tronçon postérieur est ensuite dépouillé de sa peau et des viscères ; puis on introduit une des lames d'une paire de ciseaux entre les nerfs lombaires et le bassin, et l'on coupe cette dernière partie de façon à ne conserver que le train de derrière et un tronçon de la colonne vertébrale reliés entre eux par les nerfs scia-

(*a*) Pouillet, *Rapport sur les mém. relatifs aux phénomènes électro-physiologiques* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1850, t. XXXI, p. 22).

(*b*) Sue, *Histoire du galvanisme*, 1802.

— Humboldt, *Expériences sur le galvanisme, et en général sur l'irritation des fibres musculaires et nerveuses*, trad. par Jadelot, 1799.

— Nobili, *Esperienze elettro-fisiologice* (*Brugnatelli Giornale*, 1825, t. VIII, p. 189). — *Comparaison entre les deux galvanomètres les plus sensibles* (*Bibl. univers. de Genève*, 1828, t. XXXVII, p. 10). — *Analyse expérimentale et théorique des effets électro-physiologiques de la Grenouille* (*Bibl. univ.*, 1830, t. XLIV). — *Expér. sur l'électricité animale* (*Op. cit.*, 1834, t. LVII).

— Marianini, *Mém. sur la secousse qu'éprouvent les Animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électromoteur* (*Ann. de chim.*, 1829, t. XL).

— Matteucci, *Traité des phénomènes électro physiologiques des Animaux*, 1844. — *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, 1847. — *Lettre sur l'électricité animale*, 1853. — *Corso di elettro-fisiologia*, 1861. — *Letture sull' elettro-fisiologia*, 1867.

— Du Bois-Reymond, *Ann. de Poggendorf*, 1843 ; — *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXX, p. 18.

Quelle que soit la source de l'électricité mise en mouvement, on voit le muscle se contracter au moment où le circuit dont celui-ci fait partie est fermé, et où, par conséquent, le courant s'y établit; mais dès que ce courant devient continu et constant, la contraction cesse, pour se manifester de nouveau au moment où le circuit vient à être interrompu. Il en résulte que, pour provoquer dans un muscle des contractions fréquentes, il suffit de le mettre en communication avec les rhéophores d'un appareil où le développement de l'électricité est intermittent, par exemple la machine d'induction de Clarke, celle de Ruhmkorff, ou tout autre instrument analogue.

L'irritabilité est une propriété vitale du tissu musculaire.

§ 2. — L'irritabilité des muscles, c'est-à-dire la faculté dont jouissent ces organes de se contracter sous l'influence des stimulants dont je viens de parler, est une propriété physiologique. Elle n'existe pas dans les muscles morts, mais elle n'est pas dépendante de la vie générale de l'animal; elle est une conséquence de la vitalité propre des parties où elle se manifeste; elle y persiste pendant un temps plus ou moins long après que la vie de l'individu est éteinte, et elle existe également dans ces organes après qu'ils ont été séparés du reste du corps vivant (1).

Cette persistance de la contractilité est de courte durée chez

tiques. Matteucci appelle *Grenouille galvanoscopique* le membre postérieur d'un de ces animaux dépouillé et amputé vers le genou, mais en y conservant le nerf sciatique dans une grande longueur. La patte ainsi préparée est placée dans un tube de verre, et le nerf, laissé pendant au dehors, est mis en contact avec les conducteurs de l'appareil électromoteur.

(1) On doit à Nysten un grand nombre d'expériences sur la persistance relative de la contractilité des différents muscles du corps humain, après la mort par décapitation ou par maladie, et chez divers Animaux.

Il a vu que chez les suppliciés les muscles de la vie animale conservent leur irritabilité plus longtemps que les muscles dont les mouvements ne sont pas soumis à l'influence de la volonté, et que, parmi les premiers, ceux des membres, et surtout ceux des membres abdominaux, conservent cette propriété plus longtemps que ceux du tronc. Le résultat général que ce physiologiste tira de ses expériences sur divers Animaux, est que

les Animaux supérieurs, où la division du travail vital est portée fort loin et où tous les phénomènes physiologiques résultant de l'action d'agents différents sont associés d'une manière si intime, qu'ils se trouvent dans une dépendance mutuelle plus ou moins complète. Mais chez les Animaux inférieurs, où l'indépendance des diverses parties de l'organisme est portée de plus en plus loin, la vie propre du muscle peut durer très-longtemps sans le concours des actions vitales exercées par d'autres instruments physiologiques, et tant que cette vie locale se manifeste, elle se révèle par l'irritabilité spéciale dont résulte la contraction (1).

Pendant longtemps les physiologistes n'ont pu décider si la puissance vitale dont dépend la contraction appartient en propre au tissu musculaire, ou si elle a sa source dans le système nerveux. En effet, les relations entre l'irritabilité nerveuse et la contractilité musculaire sont si intimes, que la solu-

la durée de l'excitabilité musculaire après la mort est en raison inverse de l'énergie musculaire développée pendant la vie (*a*). Des expériences du même ordre ont été faites plus récemment par d'autres physiologistes (*b*).

A l'aide d'injections de sang rouge dans les artères, M. Brown-Séquard est parvenu à maintenir pendant quarante et une heures l'irritabilité dans les muscles d'une patte de Lapin séparée du reste du corps (*c*). Ce physiologiste a constaté aussi que la durée de cette propriété, après la mort générale, est abrégée par un exercice violent préalable, ainsi que par l'action des poisons qui déterminent des convulsions (*d*).

(1) On trouve dans les ouvrages des anciens physiologistes beaucoup d'observations intéressantes sur la durée de l'irritabilité musculaire, soit dans des parties séparées du corps d'un Animal vivant, soit chez des Animaux morts, ou, pour parler plus exactement, dont la vie générale avait cessé. Ainsi Redi a vu les muscles d'une Tortue se contracter vingt-trois jours après que l'Animal avait été décapité (*e*).

(*a*) Nysten, *Recherches de physiologie et de chimie pathologiques*, 1811, p. 307 et suiv.

(*b*) Longet, *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire* (*l'Examinateur médical*, 1841).

— Wilgenroth, *Pericula nonnulla in Animalibus violenter necatis facta*. Berlin, 1833.

(*c*) Brown-Séquard, *Exp. Researches*, 1853, p. 92.

(*d*) Brown-Séquard, *Des relations qui existent entre l'irritabilité musculaire, la rigidité cadavérique et la putréfaction* (*Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 1847, t. I).

(*e*) Redi, *Observ.* (*Collect. académ.*, t. IV, p. 518).

tion de cette question était fort difficile, et jusque dans ces derniers temps la plupart des auteurs, contrairement aux idées de Haller, supposaient que la fibre musculaire puisait dans son nerf sa puissance motrice. Cela semblait même d'autant plus probable, que les effets produits par les stimulants sont en général moins grands quand ces agents sont appliqués directement à la substance musculaire que lorsqu'ils agissent sur celle-ci par l'intermédiaire des nerfs moteurs (1). Mais, ainsi que je l'ai déjà dit en parlant des mouvements du cœur (2), cette opinion n'est pas fondée. On peut le démontrer de deux manières. On a constaté que certains stimulants qui provoquent des contractions lorsqu'ils agissent directement sur le tissu musculaire, sont incapables de produire cet effet lorsqu'ils sont appliqués sur les nerfs moteurs, tandis que d'autres substances font contracter le muscle quand elles sont mises en contact avec le nerf, mais ne déterminent aucune contraction quand elles agissent directement sur la partie contractile (3). On a constaté aussi que la contractilité musculaire peut persister après la suspension ou l'abolition de la propriété excito-motrice des nerfs (4). Ainsi que j'ai dit précédemment, ce dernier fait, le plus probant de tous, a été parfaitement établi par les belles expériences de M. Claude Bernard, sur les effets du curare (5).

(1) Dans certains cas, la différence paraît être même très-considérable (*a*).

(2) Voyez tome IV, p. 134 et suiv.

(3) Ainsi, la glycérine concentrée appliquée sur les parties d'un muscle qui ne contient que peu de filets nerveux ne provoque pas de contractions, tandis qu'elle en détermine lorsqu'elle agit sur les nerfs excito-moteurs (*b*).

(4) Un muscle pourvu de son nerf moteur et séparé du reste du corps conserve son irritabilité longtemps après que ce nerf a perdu la faculté de provoquer ses contractions (*c*).

(5) Voyez tome IV, page 142.

(*a*) Rosenthal, *Ueber die relative Stärke der directen und indirecten Muskelreizung* (Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre*, 1856, t. III, p. 185).

— Kühne, *Myologische Untersuchungen*, p. 74.

(*b*) Kühne, Idem, *ibid.*, p. 87.

(*c*) Sticker, *Ueber die Veränderungen der Kräfte durchschnittener Nerven, und über Muskelreizbarkeit* (Müller's *Arch. für Anat.*, 1834, p. 202).

— Longet, *Traité de physiol.*, t. II, p. 606.

§ 3. — Lorsqu'un muscle entre en action, il se durcit, ses extrémités se rapprochent (1) et il se gonfle, mais il ne change pas sensiblement de volume ; ce qu'il perd en longueur est compensé par ce qu'il gagne en épaisseur ou en largeur (2), et, après être resté dans cet état de tension pendant un certain temps, il se relâche, reprend sa forme première, s'allonge par conséquent et rentre dans l'état de repos.

Changements de forme dans le muscle qui se contracte.

Il est également facile de constater par l'observation directe que, dans un même muscle, les diverses fibres constitutives de cet organe se contractent indépendamment les unes des autres ; souvent l'une d'elles reste en repos, tandis que ses voisines

(1) Les effets de ce raccourcissement sont tellement évidents sur nous-mêmes, ainsi que sur une multitude d'Animaux, qu'en général on peut se dispenser de les démontrer expérimentalement ; mais cette démonstration est facile à donner, soit par l'observation microscopique, soit à l'aide d'un petit appareil très-simple. Un muscle isolé étant fixé par l'une de ses extrémités, et attaché par l'autre bout au petit bras d'un levier mobile sur un pivot, on provoque une contraction, et le raccourcissement est rendu visible par le mouvement imprimé à l'extrémité libre du levier. Ces expériences de cours peuvent être variées de diverses manières (*a*).

(2) Contrairement aux opinions avancées par quelques anciens physiologistes, tels que Swammerdam, Banskl, Glisson, Carlisle, et plus récemment Ermann (*b*), le muscle, en se contractant, n'augmente ni ne diminue de volume, et les petites différences qu'on peut quelquefois y observer sous ce rapport sont dues à l'état de réplétion plus ou moins grande des vaisseaux sanguins situés entre les fibres contractiles, ou à d'autres causes accidentelles du même ordre. On a pu s'en assurer en plaçant le muscle dans un bain et en mesurant la hauteur du liquide avant, pendant et après la contraction (*c*). Les expériences sur la densité du muscle en repos ou en contraction n'indiquent aussi que des variations insignifiantes ($\frac{1}{1300}$), lesquelles ne paraissent pas pouvoir être attribuées aux modifications subies par les fibres contractiles elles-mêmes (*d*).

(*a*) Cl. Bernard, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, p. 193.
(*b*) Voyez Müller, *Manuel de physiologie*, t. II, p. 36.
(*c*) Blane, *Lecture on Muscular Motion* (*Philos. Trans.*, 1791).
— Barzellotti, *Esame di alcune moderne teorie intorno alla causa prossima della contrazione muscolare*. Siena, 1796. — *Bibl. Britann.*, 1806, t. XXXI, p. 221.
— Prévost et Dumas, *Mém. sur les phénomènes qui accompagnent la contraction musculaire* (*Journ. de Physiol* de Magendie, 1823, t. III).
— Matteucci, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, 1847.
— Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, 1868, p. 270.
(*d*) Valentin, *Beitr. zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere*. 4[e] partie, p. 193.

sont en pleine activité, et cette indépendance s'étend même aux différentes parties d'une même fibre. Celle-ci ne se raccourcit pas en même temps dans toute son étendue; certaines parties sont en repos pendant que d'autres se contractent (1).

Il est aussi à noter que les observations microscopiques faites sur les animaux vivants par M. Bowman ont permis à ce physiologiste de constater que dans la partie de la fibre où le renflement corrélatif de la contraction se déclare, les segments ou disques dont cette fibre paraît être composée se rapprochent entre eux, soit dans toute leur étendue, soit dans une portion de leur diamètre seulement.

Différences dans le mode de contraction d'une fibre.

§ 4. — Lorsqu'on veut aller plus avant dans l'étude de la contraction musculaire, il devient nécessaire d'analyser le phénomène, et en procédant ainsi, on est conduit à distinguer dans la fibre charnue deux modes d'action : la contraction simple et la contraction complexe. La première, brusque et de courte durée, est provoquée par une excitation mécanique, par l'étincelle électrique, par l'établissement d'un courant électrique, ou par la rupture de ce courant, et on la désigne communément sous le nom de *secousse musculaire*. La contraction que j'appellerai complexe s'établit moins rapidement et dure davantage; elle peut être déterminée aussi par des moyens artificiels, mais elle est réalisée de la manière la plus complète par l'influence de la volonté : c'est la contraction physiologique normale.

(1) Beaucoup de physiologistes avaient pensé que la fibre musculaire, en se contractant, se raccourcissait en même temps sur tous les points de son étendue. D'autres avaient supposé qu'elle se contractait successivement sur chacun de ces points, et se trouvait ainsi parcourue par une sorte d'onde. Mais on n'avait pu rien constater à ce sujet, jusqu'au moment où M. Bowman eut repris l'observation microscopique du phénomène, et démontré l'indépendance fonctionnelle des différentes parties d'une même fibre (*a*). Plus récemment, M. Brücke, de Vienne, confirma par d'autres moyens le résultat obtenu par M. Bowman.

(*a*) Bowman, *On the minute Structure and Movements of Voluntary Muscle* (*Philos. Trans.*, 1840, p. 488 et suiv.).

Ces différences, visibles au microscope, ne peuvent être que difficilement démontrées à l'aide des moyens d'observation dont les physiologistes disposaient il y a quelques années; mais aujourd'hui on peut les mettre bien en évidence. Grâce à l'emploi de divers instruments d'une extrême sensibilité dont l'usage a été introduit récemment dans un grand nombre de recherches relatives à des questions de mécanique animale, plusieurs expérimentateurs ont pu même faire de ces phénomènes une étude approfondie, et arriver ainsi à des résultats importants (1).

L'un des instruments les plus utiles dans les expériences de cet ordre est un appareil enregistreur appelé *myographe*. Il ressemble beaucoup à l'appareil employé depuis fort longtemps par Poncelet et M. le général Morin pour la démonstration des lois de la chute des corps, et, de même que le *kymographe*, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler dans une autre partie de ce cours (2), il consiste essentiellement en un levier très-léger

(1) Les résultats fournis par l'observation microscopique des muscles en action, et formulés d'une manière très-nette par M. Bowman, ont été pleinement confirmés par les expériences de mécanique physiologique dont il va être question ici ; mais les principaux faits rendus faciles à démontrer par ces procédés sont loin d'avoir la nouveauté que la plupart des auteurs récents leur attachent. Pour en fournir la preuve, il me suffira de citer ici textuellement les conclusions que M. Bowman a tirées de ses études microscopiques faites en 1840 et qu'il a consignées dans son ouvrage classique : 1° La contraction active (*a*) ne se manifeste jamais dans le muscle entier en même temps, ni dans la totalité d'une fibre élémentaire; elle est toujours partielle à un instant donné. — 2° Toute contraction active d'un muscle, quelque prolongée qu'elle puisse paraître, est seulement un phénomène instantané dans chacune des parties ou particules de cet organe. — 3° La contraction prolongée d'un muscle est le résultat d'un nombre inférieur de contractions partielles et momentanées qui changent de place et envahissent de nouvelles parties successivement (*b*).

(2) Voyez tome IV, page 233.

(*a*) Ce physiologiste désigne sous le nom de *contraction passive* la propriété appelée communément *tonicité*.

(*b*) Bowman and Todd, *Physiological Anatomy and Physiology of Man*, 1856, t. I, p. 183.

dont un des bouts repose sur le corps soumis à l'expérience et en suit tous les mouvements, et dont l'autre branche, beaucoup plus longue, rencontre à son extrémité libre une bande de papier animé d'un mouvement progressif uniforme et y trace une ligne qui s'abaisse ou s'élève proportionnellement aux déplacements subis par la branche opposée. Appliqué sur un muscle en action, cet appareil enregistre donc tous les changements de forme que cet organe peut subir successivement dans le point étudié ; il amplifie énormément ces mouvements dans la figure tracée sur le cylindre tournant où se trouve le papier en contact avec la pointe libre du levier, et pour mesurer la grandeur de ces mouvements ainsi que leur mode de succession, il suffit de comparer les longueurs relatives d'une série de lignes verticales (ou *ordonnées*) abaissées de distance en distance de la courbe ainsi tracée sur une ligne horizontale (ou *ligne des abscisses*), qui représente le temps pendant lequel l'expérience a duré (1).

A l'aide de cet instrument, on peut démontrer que dans une

(1) M. Helmholtz paraît avoir été le premier à employer ces appareils enregistreurs dans l'étude des phénomènes de la contraction musculaire (*a*) ; mais des instruments analogues étaient depuis longtemps d'un usage vulgaire parmi les physiciens, et M. Marey, à qui l'on doit plusieurs perfectionnements dans la construction du myographe, a donné dans un de ses ouvrages des indications curieuses sur l'histoire de ces inventions mécaniques. Je renverrai à son livre pour ces détails ainsi que pour la description du myographe (*b*). Ce mode d'expérimentation a été employé plus récemment par plusieurs physiologistes (*c*).

(*a*) Helmholtz, *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln* (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1850, p. 276).

(*b*) Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 107, et suiv.; p. 200.

— Voyez aussi : Thiry, *Neue Myographion* (*Zeitschr. für rat. Med.*, 1861, t. XXI, p. 300).

— Fick, *Ein neue Myographion* (*Vierteljahrsschrift der Naturforschergesellschaft in Zürich*, 1862, p. 307).

(*c*) Volkmann, *Ueber das Zustandkommen der Muskelcontractionen im Verlauf der Zeit* (*Leipzig Bericht*, 1851). — *Ueber die Kraft welche in einem gereizten Muskel des animalen Lebens thätig ist* (*Op. cit.*, 1851). — *Versuche über Muskelreizbarkeit* (*op. cit.*, 1856) ; — *Versuche über Muskelcontractilität* (*Archiv für Anat.*, 1858).

— Bœck, *Bidrag til Kundskab om Muskelcontractionernes Form* (Stockholm, *Ofversigt*, 1855).

— Wundt, *Die Lehre von der Muskelbewegung nach einigen Untersuchungen bearbeitet*, 1858.

— Valentin, *Die Zuckungsgesetze der lebenden Nerven und Muskeln*, 1863.

— Fick, *Untersuch. über electrische Nervenreizung*, 1864.

— Marey, *Du mouvement : — La machine animale*, 1873.

contraction musculaire simple, malgré la rapidité avec laquelle le phénomène s'accomplit, il s'opère dans la partie en action une série de modifications importantes à noter. Le renflement de la fibre qui accompagne son raccourcissement, et qui se traduit par une élévation dans la ligne tracée par le myographe, ne s'établit que progressivement, et après avoir atteint son maximum d'intensité, il diminue. Il y a donc dans toute contraction deux temps ou périodes : la période d'accroissement, pendant laquelle les effets mécaniques augmentent, et la période de décroissement ou de relâchement, au bout de laquelle la fibre reprend sa forme primordiale et reste dans l'état de repos (1). Or, dans les circonstances ordinaires, la période contraction croissante dure plus longtemps que la période de de relâchement progressif; mais les conditions physiologiques dans lesquelles le muscle se trouve peuvent faire varier beaucoup la courbe qui représente ces modifications successives de forme dans un même point, ou, ce qui revient au même, la courbe correspondante à la forme du renflement ou ventre considéré dans son ensemble. Ainsi, sous l'influence de la fatigue, non-seulement la secousse diminue d'amplitude, et par conséquent les ordonnées de la courbe se raccourcissent, mais la durée de la secousse se prolonge, et cette prolongation porte sur la période de contraction décroissante plus que sur la période de contraction ascendante (2).

(1) M. Helmholtz appelle *pose* le laps de temps qui s'écoule entre l'application du stimulant et le moment où la contraction commence. Il appelle *période de relâchement* le troisième temps, et il réserve le nom de *contraction* à la seconde période. Mais cette dernière manière de s'exprimer ne me paraît pas bonne ; car le muscle est réellement en état de contraction plus ou moins énergique tant qu'il n'est pas revenu à sa longueur initiale, et par conséquent le troisième temps est une période de contraction aussi bien que la seconde période; seulement, pendant celle-ci, la contraction est croissante, tandis que pendant la troisième période la contraction est décroissante, c'est-à-dire s'affaiblit progressivement.

(2) Ces faits ont été très-bien observés par M. Bœck (de Christiania),

Toutes choses étant égales d'ailleurs, l'amplitude de la contraction simple croît avec l'intensité de l'agent excitateur ; mais elle atteint bientôt un maximum qu'elle ne dépasse pas (1), et la période pendant laquelle l'effet produit ne diffère que peu de ce maximum est d'autant plus courte que celui-ci est plus grand. Le degré d'amplitude des contractions est subordonné aussi à la longueur du muscle en action (2).

Un emploi judicieux du myographe a permis à M. Aeby, en Allemagne, et à M. Marey, en France, de reconnaître que dans la production d'une contraction simple ou secousse musculaire, le renflement des fibres corrélatif de leur raccourcissement est d'abord limité au voisinage immédiat du point excité et n'y dure que très-peu de temps, mais se propage le long de ces mêmes fibres, comme le ferait une onde solitaire à la surface d'un liquide. Effectivement, si l'on pose sur un même muscle convenablement disposé pour ce genre d'expérience deux leviers myographiques situés à une certaine distance l'un de l'autre, et qu'ensuite on irrite le muscle à l'une de ses extrémités, on voit bientôt le levier le plus rapproché s'élever sous l'influence du renflement musculaire ou *ventre* (3) dû à la contraction du point correspondant, puis s'abaisser par suite du relâchement

mais ils ont été mis beaucoup en évidence par les graphiques publiés récemment par M. Marey (*a*).

(1) Ce fait a été bien constaté par les expériences de M. Fick, et plus récemment par celles de M. Marey. Un résultat analogue est obtenu en faisant varier la distance comprise entre le muscle et le point de son nerf moteur, auquel le stimulant est appliqué (*b*).

(2) Ainsi, M. Weber a démontré ce fait en faisant exécuter une série de contractions par un même muscle dont il diminuait progressivement la longueur (*c*).

(3) Cette expression, empruntée à l'acoustique, signifie, en physique, le point où les vibrations acquièrent leur maximum d'amplitude.

(*a*) Bœck, *Op. cit.*
— Marey, *Op. cit.*, fig. 106, 107, etc.
(*b*) Fick, *Op. cit.*
— Pflüger, *Ueber die durch constante Ströme erzeugte Veränderung der motorischen Nerven* (*Med. Centralzeitung*, 1856).
— Marey, *Op. cit.*, p. 336, fig. 104.
(*c*) Weber, *Muskelbewegung* (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, t. III, 2e partie).

des fibres dans ce même point, et pendant que ces mouvements s'exécutent, le second levier reste en repos ; d'où l'on peut conclure que la contraction ne s'est pas manifestée dans la portion du muscle en rapport avec cet instrument. Mais bientôt après, ce second levier se meut à son tour, et dénote ainsi l'arrivée du ventre ou renflement musculaire dans le point auquel il correspond. L'onde de contraction marche trop rapidement pour qu'on puisse saisir l'intervalle compris entre ces deux mouvements successifs ; mais la position occupée par les élévations correspondantes sur les lignes tracées par l'appareil enregistreur indique clairement qu'ils se sont manifestés l'un après l'autre et dans un ordre conforme à la position respective des deux parties observées par rapport au point d'application du stimulant (1). La vitesse de propagation de cette onde de contraction est considérable : chez la Grenouille, on peut l'estimer à environ un mètre par seconde (2).

L'effet produit sur la longueur totale de la fibre par une de ces secousses musculaires ou contractions simples ne peut être qu'extrêmement petit ; mais ce raccourcissement persiste pendant toute la durée de la progression de l'espèce d'onde dont je viens de parler, et l'on comprend facilement que si une nouvelle secousse se produit avant que la première soit arrivée

(1) L'instrument employé de la sorte par M. Aeby était d'une complication extrême (*a*) ; mais M. Marey a rendu l'expérience très-simple et facile à exécuter. Le procédé dont il fait usage est décrit dans son livre *Du mouvement dans les fonctions de la vie* (p. 277, fig. 84).

(2) Pour obtenir cette évaluation, M. Marey compare la distance comprise entre les sommets des deux courbes tracées par le myographe à la distance qui, dans les mêmes conditions, sépare les anses décrites par les vibrations d'un diapason donnant un son plus ou moins grave, et exécutant par conséquent en un temps donné des nombres connus de vibrations. L'évaluation faite ainsi par ce physiologiste ingénieux ne diffère que peu de celle présentée par M. Aeby.

(*a*) Aeby, *Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den quergestreiften Muskelfasern*, 1862.

au terme de sa course, les effets de ces deux contractions s'ajouteront et le raccourcissement total sera doublé. Or, l'expérience démontre que l'irritation directe et simultanée de la fibre sur deux points placés à distance provoque en même temps dans chacun de ceux-ci le développement d'un ventre ou renflement caractéristique de la contraction longitudinale. Si ces deux renflements sont suffisamment écartés entre eux, ils voyagent comme d'ordinaire en se suivant et sans se confondre; mais lorsqu'ils sont très-rapprochés, soit qu'ils aient été produits par deux irritations appliquées à un même point et se succédant presque immédiatement, soit qu'ils résultent de deux actions simultanées portées sur des points très-rapprochés, ils se confondent (1).

On conçoit donc la possibilité d'une contraction complexe qui se manifesterait en même temps dans toute la longueur du muscle, et qui résulterait, soit d'une répétition suffisamment rapide de secousses ou contractions simples développées sur un seul point, et se confondant à mesure qu'elles se propagent, soit d'une multitude d'excitations dirigées simultanément sur des points très-rapprochés de la même fibre. La contraction dans chaque partie, au lieu d'être de très-courte durée, se prolongerait alors tant que l'agent irritant exercerait son action et que le muscle conserverait son irritabilité (2).

La première de ces conditions a été réalisée expérimentalement et a donné le résultat prévu. Si l'on détermine une série de secousses musculaires à l'aide d'un appareil percutant ap-

(1) Lorsque la rapidité avec laquelle les chocs d'un courant électrique interrompu est extrêmement grande, et que par conséquent les intermittences sont de très-courte durée, les effets physiologiques paraissent se rapprocher beaucoup de ceux produits par un courant continu d'intensité constante.

(2) Cette fusion des secousses musculaires qui se succèdent à de très-courtes distances a été constatée par M. Helmholtz et étudiée avec plus de précision par M. Marey (*a*).

(*a*) Marey, *Op. cit.*, p. 373 et suiv.

pelé *télanomoteur* (1), ou d'un appareil électrique à courant intermittent, et qu'on accélère progressivement les excitations produites de la sorte, on voit, par la représentation graphique du phénomène obtenu au moyen du myographe, que les ondes correspondantes au passage de la contraction dans le point d'application du levier de ce dernier instrument sont d'abord parfaitement distinctes et écartées entre elles, mais qu'elles se rapprochent et se confondent de plus en plus à mesure que la fréquence des secousses augmente. Quant au degré de proximité des ondes de contraction ou renflements nécessaire pour amener la transformation d'une série de secousses musculaires en une contraction complexe continue, il peut y avoir des différences considérables, suivant que chacune de ces ondes, considérée isolément, est plus ou moins longue. En effet, pour que la fusion s'opère entre deux ondes, il faut que la seconde arrive au point occupé par la première avant que celle-ci ait quitté ce point, et, toutes choses égales d'ailleurs, elle y restera d'autant plus longtemps que sa longueur sera plus considérable. Or, les observations microscopiques de M. Bowman et les expériences faites à l'aide du myographe nous apprennent qu'il existe sous ce rapport de grandes différences d'Animal à Animal. La durée de la secousse, ou contraction simple, dans un point donné de la fibre, est particulièrement longue chez les Crustacés, tels que les Crabes et les Écrevisses, et les représentations graphiques du phénomène obtenues par M. Marey montrent que chez les Oiseaux sa durée est cinquante ou soixante fois moindre que chez la Tortue. Chez les Mammifères, ces contractions simples sont moins brèves que chez les Oi-

(1) L'instrument désigné sous ce nom par M. Heidenhain (*a*) se compose d'un petit marteau très-léger qui est disposé de façon à frapper le nerf à des intervalles plus ou moins courts, suivant la volonté de l'expérimentateur.

(*a*) Heidenhain, *Ein mechanischer Tetanomotor für Vivisectionen* (Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, 1858, t. IV, p. 124, pl. sans numéro).

seaux. Leur longueur varie aussi dans les différents muscles d'un même Animal, et elle est modifiable par les conditions physiques dans lesquelles l'organisme est placé.

Pour estimer la vitesse avec laquelle les secousses musculaires se succèdent quand ces contractions, chevauchant pour ainsi dire les unes sur les autres, se transforment en une contraction continue, quelques physiologistes ont eu recours à un procédé fort ingénieux. Nous avons vu précédemment que l'action musculaire est souvent accompagnée d'une certaine production de sons (1), et les observations microscopiques de M. Bowman avaient conduit cet auteur à penser que ce phénomène acoustique devait être dû au mouvement des ondes de contraction frottant sur les parties adjacentes, comme l'archet frotte sur la corde sonore (2). M. Helmholtz profita de cette idée pour compter les secousses musculaires. Il constata d'abord que le son émis par le muscle masséter correspond à ceux produits par environ 32 vibrations par seconde, et il trouva que, produisant dans le même espace de temps 32 secousses au moyen d'autant de décharges électriques fournies par une bobine d'induction, ce muscle était mis en état de contraction permanente (3).

La contraction tétanique artificielle, ou contraction permanente, déterminée ainsi par des décharges électriques suffisamment rapprochées, peut être provoquée aussi par d'autres moyens (4), et de même que la contraction volontaire, elle est

(1) Voyez tome IV, page 36, note 1.

(2) Bowman et Todd, *Physiol. anat.*, t. Ier, p. 183.

(3) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux publications récentes faites par M. Helmholtz et plusieurs autres physiologistes (*a*).

(4) Des effets analogues sont produits quand on détermine avec une rapidité suffisante une série de variations dans le degré d'intensité de la contraction des muscles mis en mouvement par la volonté. Ainsi, M. Roth a constaté qu'en serrant dans la main

(*a*) Helmholtz, *Versuche über das Muskelgeräusch* (*Monatsber. der Berlin. Acad.*, 1864). — *Ueber den Muskelton* (*Verhandl. des Naturhistor. Vereins zu Heidelberg*, 1867, t. IV). — Marey, *Op. cit.*, p. 373 et suiv.

accompagnée de la production d'un son qu'on sait résulter de 32 ou 35 vibrations par seconde. Il paraît donc extrêmement probable que la sonorité du muscle en action dépend de la succession rapide des secousses qui s'y produisent, et que dans les cas particuliers dont il vient d'être question, les secousses se confondent de façon à se transformer en une contraction complexe continue dès que leur nombre dépasse 30 par seconde (1).

Il est évident que si l'agent excitateur qui met en jeu l'irritabilité du muscle, au lieu d'être appliqué à une seule tranche de la fibre musculaire, agissait en même temps sur toutes les tranches de celle-ci, la fusion des secousses serait complète dès le début du phénomène et la contraction serait générale et continue. Or, dans l'action musculaire déterminée par la volonté, les choses paraissent se passer de la sorte, soit à raison de la rapidité extrême avec laquelle l'action nerveuse se propage dans les nerfs, soit à raison de la multiplicité des points par lesquels les branches terminales du nerf moteur se trouvent en relation avec la même fibre charnue. Une expérience due à M. Aeby vient à l'appui de cette manière de voir : en opérant sur un muscle dont le nerf moteur se divisait en deux branches avant d'y pénétrer, et ayant coupé préalablement une de celles-ci, il a examiné au myographe la manière dont la contraction s'effectue sous l'influence de l'excitation

un cylindre qui tournait excentriquement autour de son axe, et qui déterminait ainsi des alternances dans la longueur des muscles de l'avant-bras, il suffisait d'imprimer à ce mouvement rotatoire une certaine rapidité pour qu'il en résultât dans ces muscles une contraction tétanique (*a*).

(1) Dans les expériences faites par Weber, la contraction tétanique s'est manifestée dès que les excitations électriques devenaient très-rapprochées (*b*), et le même état a été déterminé par l'action mécanique du tétanomoteur dans les expériences de M. Heidenhain (*c*).

(*a*) Weber, *Op. cit.*

(*b*) Roth, *Ueber Muskelcontraction durch Contact mit vibrenden Körpern* (Poggendorff's *Ann.*, 1861, t. CXII, p. 159).

(*c*) Heidenhain, *Op. cit.* (Moleschott's *Untersuch.*, 1858, t. IX, p. 124).

du tronc nerveux ainsi mutilé. Dans la partie du muscle qui était restée en communication directe avec le tronc nerveux, la contraction se manifestait en même temps partout; tandis que dans la portion du muscle où les secousses n'étaient pas provoquées directement, la communication nerveuse étant interrompue, les ondes ne se fusionnaient pas et se succédaient avec leur lenteur relative et en s'avançant de la partie dont je viens de parler vers l'extrémité opposée du muscle (1).

La durée des contractions simples ou secousses musculaires est du reste très-variable, suivant la nature du tissu en action et suivant les Animaux dont ce tissu fait partie. Ainsi elles sont beaucoup plus brusques dans les fibres striées que dans les fibres lisses; leur durée est augmentée par la fatigue, et, ainsi que je l'ai déjà dit, elle est beaucoup plus grande chez certains Animaux que chez d'autres, sans qu'on puisse saisir aucune relation constante entre cette particularité et le degré de perfection physiologique offert par l'ensemble de l'organisme. Ainsi, sous ce rapport, les Poissons se placent entre les Oiseaux et les Mammifères. Chez les Animaux à température variable, la durée des secousses est augmentée par le froid (2).

Comparaison entre la contractilité et l'élasticité.

§ 5. — Tous les faits dont je viens de rendre compte tendent à prouver que la contraction est due à des actions moléculaires, et que chaque fibre se compose d'une multitude d'unités physiologiques susceptibles d'agir isolément, et provoquant par leur action individuelle une action semblable dans leurs voisines. Pour faire un pas de plus dans l'étude de ce phénomène vital, nous nous trouvons donc conduits à porter notre

(1) Une figure théorique représentant la fibre musculaire se contractant ainsi en même temps sur chacun des points excités a été donnée par M. Aeby et reproduite par M. Marey (*op. cit.*, p. 282, fig. 87).

(2) M. Marey dit que chez la Marmotte engourdie par le froid, les secousses musculaires ont une durée presque aussi longue que chez la Tortue; mais qu'elles deviennent de plus en plus brèves à mesure que l'animal s'éveille (*a*).

(*a*) Marey, *Op. cit.*, p. 368.

attention sur des questions de mécanique moléculaire dont les physiologistes ne s'occupent d'ordinaire que peu; et comme il semble y avoir, à cet égard, beaucoup de ressemblance entre la contractilité et l'élasticité, il me paraît utile d'examiner en premier lieu ce qui se passe dans un corps élastique qui s'allonge sous l'influence d'une force extérieure, ou qui se raccourcit quand cette force cesse d'agir sur lui.

L'élasticité suppose dans les solides, comme dans les liquides et les gaz, une certaine mobilité dans les molécules intégrantes de ces corps; et quand on veut se rendre compte des changements dont ceux-ci sont susceptibles en vertu de cette propriété, il faut admettre aussi que, dans l'état de repos, ces molécules sont maintenues à une certaine distance les unes des autres par l'influence de deux forces contraires qui se font équilibre : la puissance attractive a, qui tend à les rapprocher, et la force expansive r, qui tend à les écarter entre elles et qui est généralement attribuée à la chaleur. Il faut admettre aussi que les effets de cette force attractive varient avec le degré d'écartement des molécules; qu'elle a pour limite de sa sphère d'activité la distance intermoléculaire à laquelle la rupture s'opère, et que la grandeur de cette sphère varie suivant le degré d'élasticité du corps.

Afin de simplifier les phénomènes de mécanique moléculaire dont nous avons à nous occuper ici, imaginons le corps élastique représenté par une série unique de molécules similaires, et fixons notre attention sur deux termes de cette série que j'appellerai m et m'. La distance d comprise entre ces deux molécules sera déterminée par la grandeur relative des deux forces contraires a et r dont je viens de parler. Mais lorsqu'on applique à la molécule m une charge c dont l'influence est opposée à celle de la force d'attraction a, celle-ci se trouve trop petite pour maintenir l'équilibre entre m et m' à la distance d, et la molécule m, obéissant à la sollicitation de cette

puissance additionnelle, s'éloigne de m' jusqu'à la distance D, où les effets de a deviennent suffisants pour contre-balancer ceux de $r + c$. Dans l'état d'allongement forcé du corps élastique déterminé par la charge, la distance entre A et A' sera donc plus grande que ne le comporteraient les grandeurs relatives des puissances permanentes a et r ; par conséquent aussi, lorsque la puissance temporaire développée par la charge cessera d'agir, ces deux molécules, obéissant à l'influence de a, qui, à la distance intermoléculaire D, est plus grande que r, devront se rapprocher et retourner à la distance d, distance à laquelle $r = a$. La rétraction est donc la même que si la charge dont dépend l'allongement restant invariable, la puissance attractive a avait grandi d'une quantité égale à c, et j'insiste sur ce point parce que bientôt nous aurons à en tenir compte dans l'explication du mécanisme de la contraction musculaire.

Pour un système élastique composé d'une seule série d'éléments, l'allongement entraînerait une augmentation correspondante dans la grandeur des espaces intermoléculaires, et par conséquent un changement dans la densité du corps ainsi constitué. Mais dans la nature, nous ne voyons jamais ces conditions se réaliser, et nous savons par les expériences des physiciens que le volume du corps élastique n'augmente pas lors de l'allongement de celui-ci par l'action d'une force mécanique extérieure (1). Le phénomène doit donc être plus complexe que nous ne l'avons supposé, et l'augmentation de la distance entre les molécules m et m' doit être compensée par une diminution de la distance comprise entre d'autres molécules adjacentes.

(1) Voyez, à ce sujet, les recherches approfondies de Wertheim et les expériences plus récentes de quelques autres physiologistes (*a*).

(*a*) Wertheim, *Mém. sur l'élasticité et la cohésion des principaux tissus du corps humain*, 1846 (*Ann. de chim.*, t. XXI, 1847).
— Weber, *Ueber die Elasticität der Muskeln* (Müller's *Archiv für Anat.*, 1858, p. 506).
— Volkmann, *Ueber die Elasticität der organischen Gewebe* (*Arch. f. Anat.*, 1859, p. 293). — *Von den Beziehungen der Elasticität zur Muskelthätigkeit* (Pfluger's *Archiv*, 1873, t. VII, p. 1).

Effectivement, c'est ce qui a lieu, et, pour se rendre compte du jeu des parties, il suffit de prendre en considération un système élastique composé de quatre molécules appartenant à trois séries contiguës et groupées par paires crucialement : m et m' dans la direction de l'allongement, n et n' transversalement. Lorsque m et m' s'éloigneront l'une de l'autre, elle n'en continueront pas moins d'attirer n et n' ; ces dernières molécules, pour conserver leurs distances par rapport aux autres, devront alors se rapprocher entre elles, et le système se rétrécira proportionnellement à son allongement, ou *vice versâ* (1).

(1) Pour simplifier l'exposé des faits dont il était utile de tenir compte ici, je n'ai parlé que des cas dans lesquels l'élasticité est parfaite, c'est-à-dire où le corps, après avoir été étendu par l'action d'une certaine force, est susceptible de reprendre exactement sa forme première, dès que la force qui a déterminé son allongement cesse d'agir ; mais au delà d'une certaine limite qui varie suivant la nature des corps, l'élasticité cesse d'être complète, la rétraction n'est pas égale à l'extension, et celle-ci est suivie d'un certain allongement plus ou moins permanent.

La cohésion d'un muscle, c'est-à-dire sa force de résistance à la rupture, et sa puissance de rétraction varient avec la durée de la force extensive, surtout dans le voisinage de la limite de l'élasticité parfaite.

Il importe également de noter que l'élasticité des muscles et des autres corps organisés diffère à certains égards de celle des corps inorganiques. Ainsi, il résulte des expériences de Weber, de Wertheim et de M. Marey, que chez ces derniers l'allongement est proportionnel à la charge, tandis que la soie, les fibres musculaires, etc., s'allongent de moins en moins à mesure qu'elles ont déjà subi une élongation plus grande (*a*). La démonstration de ce fait a été rendue facile par les procédés d'expérimentation graphique employés par M. Marey.

Weber, ayant constaté que l'élongation déterminée par une charge constante est plus grande dans un muscle à l'état de contraction que dans un muscle à l'état de repos, en avait conclu que l'extensibilité de cet organe augmente au moment de la contraction. Mais les expériences de M. Marey prouvent que le résultat observé ne dépend pas de cette dernière cause, et tient seulement à ce que l'allongement total se compose alors de deux quantités : de l'élongation correspondant au retour de la fibre contractée à sa longueur normale pendant le repos, et de l'extension subie dans cette dernière condi-

(*a*) Weber *Ann. v. Poggend.*, t. LIV, p. 1.
— Wertheim, *Op. cit.*
— Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 295.

Vues théoriques relatives à la contraction.

§ 6. — Si nous comparons aux effets de l'élasticité les phénomènes physiques de la contraction musculaire, nous ne pourrons être que frappés de leur ressemblance, et sur ce point je partage l'opinion de M. Rouget, qui appelle la contractilité une élasticité variable sous l'influence de l'action nerveuse (1). Effectivement, la seule différence essentielle que j'y aperçois entre le mécanisme de la rétraction d'une corde élastique préalablement allongée et la contraction d'une fibre charnue, c'est que la première dépend de l'action d'une force attractive constante s'exerçant entre les molécules de cette fibre, tandis que

tion. Il a vu que la longueur absolue du muscle sous une certaine charge est toujours plus grande dans le repos que pendant l'activité (*a*).

Il est aussi à noter que dans des expériences sur les muscles de la Grenouille, M. Chmoulevitch a constaté que l'élasticité de ces organes augmente avec la température (*b*).

(1) Les considérations qui conduisent M. Rouget à cette conclusion ne sont pas du même ordre que celles exposées ici, et je ne saurais partager l'opinion de ce physiologiste sur plusieurs points essentiels de sa théorie de la contraction musculaire ; mais il me paraît avoir pleinement raison lorsqu'il dit : « La contractilité et l'élasticité sont probablement identiques, et ce qu'on désigne sous le nom de contractilité ne paraît pas être autre chose qu'une élasticité variable sous l'influence nerveuse (*c*). »

La théorie de la contraction musculaire a été depuis quelques années l'objet de beaucoup d'autres publications dont il serait trop long de parler ici (*d*).

(*a*) Weber, *Op. cit.*
— Volkmann, *Op. cit.*
— Marey, *Op. cit.*, p. 289.

(*b*) Chmoulevitch, *Études sur la physiologie et la physique des muscles* (Robin, *Journ. d'anat.*, 1868, p. 27).

(*c*) Rouget, *Mém. sur les tissus contractiles et la contractilité* (*Journ. de la physiol. de l'Homme et des Animaux*, 1863, t. VI, p. 697).

(*d*) Wundt, *Die Lehre von der Muskelbewegung nach einigen Untersuchungen bearbeitet*, 1858.
— Valentin, *Die Zuckungsgesetze der lebenden Nerven und Muskeln*, 1863.
— Fick, *Untersuchungen über electrische Nervenreizung*, 1864.
— Beale, *On Contractility* (*Quart. Journ. of Microscop. Science*, 1863, t. XV, p. 182).
— Volkmann, *Zur Theorie der Muskelkräfte*, 1870. — *Versuche über Muskelreizbarkeit* (Müller's *Arch. für Anat. und Physiol.*, 1857, p. 27). — *Versuche und Betrachtungen über Muskelcontractilität* (Müller's *Archiv*, 1858, p. 215).
— Preyer, *Myophysische Untersuchungen* (Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiol.*, 1862, t. V, p. 483, et t. VI, p. 5[illegible]7).
— Herrmann, *Ueber die Wirkung galvanischer Ströme auf Muskeln und Nerven* (Pflüger's *Archiv*, 1872, t. V, p. 223, et t. VI, p. 312).
— Bernstein, *Ueber das myophysische Gesetz des H. Preyer* (*Op. cit.*, t. VI, p. 403).
— Engelmann, *Mikroskopische Untersuchungen über die quergestreifte Muskelsubstanz* (*Op. cit.*, 1873, t. VII, p. 33).

la seconde dépendrait de l'exaltation temporaire d'une force analogue sous l'influence de stimulants spéciaux.

En effet, supposons que dans le groupe de molécules dont je viens de parler, la force attractive agissante entre *m* et *m'*, au lieu d'être constante, soit susceptible d'augmenter de puissance à un moment donné : dès que cette augmentation se manifestera, *m* et *m'* se rapprocheront ; mais, pour se rapprocher ainsi, devront repousser latéralement *n* et *n'*, dont le degré d'écartement ne sera plus en harmonie avec les relations entre leur attraction réciproque et la force répulsive qui tend à les éloigner entre elle. Le système se raccourcira et s'élargira donc en même temps, et lorsque la puissance attractive de *m* sur *m'* et de *m'* sur *m*, cessant d'être grandie, retombera à son degré de puissance initiale, les molécules *n* et *n'*, en vertu de leur élasticité, repousseront à leur tour *m* et *m'*, de façon à les replacer dans leur position primitive. Or, les changements que je viens d'indiquer dans les rapports de ces corpuscules me paraissent représenter d'une manière exacte les phénomènes de mécanique moléculaire qui doivent avoir lieu dans une fibre musculaire au moment de sa contraction.

Nous avons vu, dans la dernière Leçon, que la fibre musculaire est constituée par une gaîne élastique membraniforme renfermant deux substances principales qui alternent et affectent l'apparence de disques superposés ; que l'une d'elles est une matière plastique plus ou moins fluide, l'autre un tissu solide qui semble se résoudre en corpuscules fibrineux disposés en séries longitudinales et appelés éléments sarceux. Nous avons vu également qu'au moment de la contraction, ces tranches de tissu musculaire se rapprochent et s'élargissent, comme si elles étaient attirées les unes vers les autres et comprimées par le fait de leur rapprochement ; mais que cette contraction longitudinale, accompagnée d'une dilatation transversale, pouvait ne pas occuper toute la longueur de la fibre et être limitée

à une petite portion de son étendue. Le phénomène essentiel de la contraction semble donc consister dans un rapprochement temporaire d'un certain nombre d'éléments sarceux appartenant à une même série longitudinale et dans le refoulement périphérique des matières adjacentes. La partie de la fibre musculaire qui se contracte, se comporte donc comme le ferait une corde élastique qui, après avoir été allongée par une traction exercée sur ses extrémités, serait abandonnée à elle-même, ou, ce qui revient au même, à une corde élastique dont la force rétractile viendrait à être augmentée tout à coup (1). Pour se rendre compte du mécanisme de la contraction musculaire, il suffirait par conséquent d'admettre, par hypothèse, que la puissance attractive intermoléculaire qui se manifeste dans une rangée d'éléments sarceux, ou entre les atomes dont ces éléments peuvent être composés, et qui donne au tissu musculaire l'élasticité dont il est doué, au lieu d'être une force constante, comme dans les corps simplement élastiques, est une force dont l'intensité augmente sous l'influence, soit de l'électricité, soit de l'action nerveuse ou des autres stimulants susceptibles de provoquer la contraction. Or, on conçoit facilement la possibilité d'un changement de ce genre dans l'état dynamique d'un muscle vivant. Ce changement s'apercevrait si le tissu de cet organe était le siége de courants électriques parallèles circulant dans la même direction, autour de chacun des éléments sarceux, et si les phénomènes dont dépendrait le développement de ces courants étaient activés par les agents

(1) Cette similitude est mise en évidence par divers phénomènes faciles à observer sur les muscles en état de contraction incomplète. Ainsi, lorsqu'un muscle en action fait équilibre à une certaine charge sans avoir atteint la limite de sa contractilité et que l'action de cette charge vient à cesser brusquement, le muscle se raccourcit comme le ferait un corps élastique qui aurait été préalablement allongé par l'effet de cette même charge. On doit à MM. Donders et Van Mansveldt des expériences intéressantes sur ce sujet.

excitateurs de la contractilité. Dans l'état actuel de la science, la vérité de cette hypothèse n'est pas susceptible de démonstration ; mais non-seulement elle n'est en désaccord avec aucun fait connu, elle est en harmonie avec divers phénomènes des plus remarquables dont je n'ai pas encore fait mention ici, et dont elle semble même tirer une nouvelle valeur.

Relations entre la contractilité et les effets de l'électricité.

§ 7. — Les relations qui existent entre la contractilité musculaire et l'électricité en mouvement ne consistent pas seulement dans la puissance stimulante dont est doué cet agent physique. Tout muscle vivant est un producteur d'électricité, et la faculté de développer cette force est liée de la manière la plus intime à l'irritabilité de ses fibres (1).

Pour mettre ce fait en évidence sur un muscle en repos, il suffit de rappeler une expérience très-simple due à Matteucci. Ayant détaché du corps d'une Grenouille que l'on venait de mettre à mort une portion de muscle, et ayant appliqué sur la surface latérale de ce fragment l'un des rhéophores d'un galvanomètre, ce physicien constata qu'en mettant l'autre rhéophore en rapport avec la surface correspondante à l'extrémité des fibres charnues divisées transversalement, ou, pour employer ici les expressions de l'auteur, avec l'intérieur du muscle, on détermine aussitôt une déviation de l'aiguille du galvanomètre, phénomène qui indique l'établissement d'un courant dans l'instrument. Matteucci a montré aussi qu'on pouvait rendre les effets de ce courant électrique musculaire

(1) En 1837, M. Prévost (de Genève) annonça que si l'on enfonce une aiguille non aimantée dans un muscle parallèlement aux fibres de celui-ci, et qu'on mette l'extrémité de cette aiguille en contact avec des particules de limaille de fer, on voit, à l'aide de la loupe, au moment où l'on fait contracter fortement le muscle en blessant la moelle épinière, ces particules se planter à la pointe de l'aiguille, comme elles le font quand celle-ci est aimantée; il ajoute que cette attraction cesse avec la contraction du muscle (*a*) : mais le phénomène ne paraît pas être démontré.

(*a*) Prévost, *Notes sur le développement d'un courant électrique qui accompagne la contraction de la fibre musculaire* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1839, t. VIII, p. 319).

beaucoup plus sensibles en disposant des muscles de Grenouille en série, de façon que la face externe de chacun des éléments de cette espèce de pile physiologique soit en contact avec la partie intérieure de l'élément suivant (1).

D'autres expériences ont fait voir que l'intensité de ce courant est en rapport avec la puissance contractile du muscle et avec le degré d'activité vitale que celui-ci possède.

Ainsi, chez un même Animal, les muscles dont la puissance contractile est grande développent des courants plus intenses que ceux dont la puissance contractile est faible. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer entre eux, sous ce double rapport, les fibres musculaires du cœur et celles de la tunique charnue de l'intestin. Les effets mécaniques produits par les premières sont beaucoup plus considérables que ceux déterminés par les secondes, et, en observant les déviations que les

(1) Ce ne sont pas seulement des muscles de Grenouilles vivantes ou recemment tuées que Matteucci a employés de la sorte ; ce physicien a formé aussi des piles voltaïques avec des muscles de Bœuf, de Brebis, de Poulet, etc.

Le courant développé de la sorte est d'autant plus intense que le nombre des éléments musculaires est plus considérable, et il se dirige toujours de la partie intérieure du muscle à la surface de cet organe.

M. Dubois-Reymond a obtenu de ses expériences des résultats analogues et les a formulés d'une manière un peu différente. Il appelle coupe longitudinale d'un muscle la surface latérale, soit naturelle, soit artificielle, d'un muscle obtenue par une section pratiquée dans le sens de la direction des fibres, et il nomme coupe transversale la section opérée normalement à la direction de ces mêmes fibres, et correspondante par conséquent à l'extrémité des fibres, ou à ce que Matteucci appelait l'intérieur du muscle. Cela posé, M. Dubois-Reymond dit : « Toutes les fois qu'un arc conducteur est établi entre un point quelconque de la coupe longitudinale, soit naturelle, soit artificielle, d'un même muscle, et un point également arbitraire de la coupe transversale de celui-ci, il existe dans cet arc un courant dirigé de la coupe longitudinale à la coupe transversale du muscle (*a*). » En effet, cela suppose dans l'autre moitié du circuit représenté par le muscle un courant dirigé en sens inverse.

(a) Matteucci, *Traité des phénomènes électro-physiologiques*, p. 54 et suiv. — Dubois-Reymond, *Op. cit.*

unes et les autres produisent dans l'aiguille aimantée, on constate des différences correspondantes (1).

Nous savons que chez les Animaux à sang froid, le degré d'activité vitale varie beaucoup avec la température ; que, sous l'influence du froid, le travail physiologique se ralentit, et que la chaleur l'active. Or, la température à laquelle l'Animal à sang froid a été soumis pendant un certain temps avant l'expérience influe d'une manière analogue sur l'intensité de ses courants musculaires. Ainsi, dans des expériences faites au Muséum d'histoire naturelle par Matteucci pendant l'hiver, quand la température atmosphérique était au-dessous de zéro depuis plusieurs jours, les Grenouilles qui n'avaient pas été réchauffées ne donnèrent presque aucun signe de ce courant, tandis que celles conservées dans une chambre chaude déviaient l'aiguille aimantée de la manière ordinaire.

Dans les muscles où la vie est éteinte, on ne constate aucun indice de l'existence de ces courants électriques, et après la mort générale de l'individu, l'aptitude à en développer s'affaiblit et se perd d'autant plus vite, que la vitalité propre du tissu musculaire est moins persistante. Ainsi, chez les Animaux inférieurs, où l'irritabilité musculaire dure souvent très-longtemps après la cessation de la vie générale, l'action des muscles sur le galvanomètre persiste de la même façon, tandis que chez les Animaux supérieurs l'un et l'autre de ces modes de manifestation de la puissance vitale cessent rapidement.

(1) M. Dubois-Reymond a démontré ce rapport à l'aide d'expériences très-nombreuses, et il a fait voir que lorsqu'il s'agit de mesurer comparativement l'intensité des courants musculaires, il faut tenir grand compte de la position relative des extrémités du fil galvanométrique. Si l'on représente le muscle par un cylindre à bases parallèles, on trouve que les effets sur l'aiguille aimantée sont nuls quand les deux pointes pénètrent à une distance égale de l'axe du cylindre et sont également éloignées de l'équateur qui diviserait le cylindre en deux parties d'égale hauteur, et que ces effets deviennent d'autant plus grands, que la position occupée par l'extrémité des conducteurs s'éloigne davantage de ces conditions d'égalité.

§ 8. — Ce n'est pas seulement dans la substance des muscles que ces phénomènes électriques se manifestent ; des courants s'établissent d'une manière plus générale dans l'organisme, et l'on peut en constater l'existence au moyen du galvanomètre, toutes les fois que sur une Grenouille convenablement disposée pour cette expérience on met en communication l'extrémité lombaire du nerf sciatique et les muscles de la jambe, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un conducteur quelconque. Les physiciens ont distingué sous le nom de *courant propre de la Grenouille* les courants qui se développent ainsi, et les expériences de Nobili ont fait voir qu'ils se dirigent toujours du muscle au nerf, et par conséquent des pieds vers la tête, quand on opère sur les membres, comme je viens de le supposer (1).

C'est ce courant dont les effets physiologiques avaient été

(1) L'existence de ce *courant propre* pouvait être déduite d'une expérience faite vers la fin du siècle dernier par Humboldt, et dans laquelle la contraction des pattes d'une Grenouille préparée galvaniquement fut déterminée en touchant le nerf sur deux points différents avec un morceau de substance musculaire prise sur le même Animal.

L'expérience par laquelle Nobili démontre l'existence de ce courant fut pratiquée de la manière suivante. Une Grenouille ayant été préparée de la manière ordinaire, les nerfs lombaires furent plongés dans une capsule remplie d'eau, et l'extrémité des pattes dans une seconde capsule remplie du même liquide ; puis les deux capsules furent mises en communication au moyen d'une mèche de coton, ce qui détermina des contractions ; puis la mèche de coton ayant été retirée, le circuit fut fermé de nouveau en plongeant dans les capsules les deux extrémités d'un galvanomètre de platine d'une extrême sensibilité, et aussitôt la déviation de l'aiguille aimantée de cet instrument décela l'existence d'un courant électrique dirigé dans l'Animal des pieds à la tête (*a*). Des expériences analogues, mais variées de diverses manières, ont été faites plus récemment par Matteucci, ainsi que par plusieurs autres physiciens, et ne laissent aucune incertitude quant à l'aptitude des muscles vivants à développer des courants qui se propagent dans les nerfs et se dirigent des premiers vers les centres nerveux (*b*).

(*a*) Humboldt, *Expériences sur le galvanisme*, p. 33.
(*b*) Nobili, *Bibl. univ. de Genève*, 1827.
— Matteucci, *Traité des phénomènes électro-physiologiques*, p. 83 et suiv.

observés par Galvani, lorsque, pour la première fois, cet homme de génie constata la production de contractions au moment de la clôture d'un circuit formé par les nerfs et les muscles d'une Grenouille réunis entre eux par un conducteur métallique (1).

Les relations intimes qui existent entre les phénomènes physiologiques et les phénomènes physiques dont je viens de parler sont aussi mises en évidence par les nombreuses expériences de Matteucci, car ce savant a constaté que toutes les circonstances qui modifient les unes, agissent d'une manière correspondante sur l'autre. Mais cette connexité a été encore mieux démontrée par un fait dont la constatation est due à M. Dubois-Reymond. En expérimentant sur lui-même, ce physicien a reconnu que les contractions musculaires déterminées par la volonté sont accompagnées d'un développement d'électricité. Ainsi, en saisissant dans chaque main l'un des conducteurs d'un galvanomètre très-sensible et convenablement disposé pour cet usage et en laissant ensuite l'aiguille de l'instrument reprendre une position fixe, M. Dubois-Reymond a vu celle-ci

(1) Ainsi que je l'ai déjà dit, Galvani attribua les phénomènes physiologiques dont il était témoin à une *électricité animale*, c'est-à-dire à l'électricité développée par l'organisme et différente de l'électricité ordinaire; mais, bientôt après, Volta expliqua autrement le développement de cette force ; il l'attribua au contact des métaux hétérogènes formant l'arc qui, dans l'expérience de Galvani, réunissait les nerfs aux muscles, et les résultats obtenus par l'emploi de la *pile* firent prévaloir pendant longtemps son opinion d'une manière absolue. L'un et l'autre de ces savants illustres avaient raison en partie, et en partie tort. En effet, il est incontestable que tous es effets physiologiques dus aux courants électriques peuvent être produits par de l'électricité dont la source est étrangère à l'organisme, et que souvent ces effets sont dus à cet agent, comme le pensait Volta; mais il résulte clairement des expériences de Nobili, de Matteucci et de plusieurs autres physiciens de l'époque actuelle, qu'il y a aussi des courants électriques d'origine organique, et ce sont ces courants développés, suivant toute apparence, par les réactions chimiques dont le travail nutritif est accompagné, qu'on désigne communément sous le nom de *courants propres de l'Animal*.

éprouver une déviation plus ou moins grande chaque fois qu'il contractait d'une manière forte et continue les muscles de l'un de ses bras, pendant que les muscles de l'autre bras restaient en repos (1).

En résumé, il paraît donc bien démontré que tout muscle vivant est le siége de courants électriques ; que l'intensité de ces courants est en rapport avec le degré de contractilité de ces organes ; qu'elle augmente lorsque cette propriété physiologique entre en jeu, et que des courants électriques produits par d'autres agents déterminent dans les muscles des contractions identiques avec les contractions dépendantes de la volonté, lesquelles sont accompagnées d'un développement d'électricité dans la substance de ces organes.

Sources de l'électricité animale.

Une pareille coïncidence semble indiquer quelque relation de cause et d'effet entre les variations de l'intensité des phénomènes électriques qui se produisent dans le muscle vivant et la variation dans la force attractive interatomique dont pourraient dépendre à la fois l'élasticité et la contractilité de la fibre. On est donc conduit à se demander si, dans une contraction volontaire aussi bien que dans une contraction due à une excitation électrique venue du dehors, la cause efficiente de la contraction, la force motrice qui détermine le rapprochement des particules du muscle et le raccourcissement de la série constituée par celles-ci ne seraient pas une augmentation dans l'intensité des courants dont le tissu musculaire est le siége. Cherchons donc si nous pouvons nous rendre compte non-seulement du développement de ces courants dans la substance du muscle, mais aussi des circonstances qui seraient susceptibles de faire varier la grandeur des phénomènes dont ce développement serait une conséquence.

(1) Ce physicien a publié l'ensemble de ses recherches sur la contraction musculaire dans un ouvrage intitulé : *Untersuchungen über thierische Elektricität* (2 vol. in-8, 1848-49).

On sait que toute action chimique est accompagnée de phénomènes électriques et provoque des courants. Or, les muscles vivants sont le siége d'un travail chimique incessant; des combinaisons s'y opèrent, et il est facile d'y constater les effets de la combustion physiologique, non-seulement chez l'Animal plein de vie, mais encore après la mort générale et tant que la vitalité locale du tissu n'est pas éteinte (1). Nous sommes donc conduits à chercher si cette combustion intérieure à laquelle nous avons déjà attribué le développement de la chaleur dans les organismes vivants ne serait pas la cause des courants électriques propres de l'organisme et la source de la force mécanique développée dans l'acte de la contraction musculaire.

Nous avons vu, au commencement de ce cours, que l'exercice musculaire active la respiration, et qu'il existe des rapports très-remarquables entre la puissance mécanique déployée par les divers Animaux et la quantité d'acide carbonique que ceux-ci produisent en un même laps de temps et à poids égaux (2); mais la connexité qui existe entre la combustion physiologique et la contraction musculaire est démontrée d'une manière plus directe par la mesure des quantités de ce gaz fournies par des

(1) M. G. V. Liebig, en expérimentant sur des muscles de Grenouille frais et séparés du reste du corps, a vu: 1° que ces organes conservent leur irritabilité plus longtemps dans l'air que dans l'azote, et plus longtemps dans l'oxygène que dans l'air; 2° qu'en présence de l'oxygène pur ou mélangé, ils absorbent ce gaz et abandonnent de l'acide carbonique (*a*).

Du reste, les expériences de Spallanzani, faites vers la fin du siècle dernier, prouvent que les matières combustibles de l'économie peuvent contenir et absorber de l'oxygène, et fournir de l'acide carbonique lorsqu'elles sont privées de vie (*b*); mais, après la mort, cette espèce de combustion lente peut être attribuée parfois au développement des êtres vivants dont dépendent les phénomènes de fermentation putride.

(2) Voyez tome II, pages 350 et suivantes.

(*a*) G. Liebig, *Ueber die Respir. der Muskeln* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1850, p. 393). — *Expériences sur la respiration* (*Ann. des sc. nat.*, 3e sér. 1850, t. XIV, p. 321).
(*b*) Spallanzani, *Mém. sur la respiration*, 1803.

muscles isolés. Effectivement, Matteucci a constaté expérimentalement que le dégagement d'acide carbonique est beaucoup plus considérable par des muscles en action que par des muscles en repos (1).

Des expériences faites par M. Claude Bernard sur la proportion des gaz libres contenus dans le sang avant et après le passage de ce liquide dans les muscles d'un Animal vivant, tendent également à prouver que la combustion physiologique dans l'intérieur de ces organes est plus intense pendant la contraction que pendant le repos. En effet, ce savant a trouvé que le sang veineux sortant d'un muscle contient moins d'oxygène et plus d'acide carbonique quand ce muscle vient de se contracter violemment que lorsqu'il est resté en repos (2).

La composition chimique du liquide contenu dans les muscles change aussi par l'effet de l'action physiologique de ces organes (3). Ainsi que nous l'avons déjà vu, on y trouve diverses

(1) Matteucci a constaté ce fait en plaçant des pattes de Grenouilles convenablement préparées dans deux vases contenant de l'air, et en laissant à l'état de repos, celles contenues dans l'un de ces récipients, tandis que celles renfermées dans l'autre étaient mises en état de contraction par des excitations électriques (*a*).

(2) Ainsi, dans des expériences faites sur les muscles de la cuisse d'un Chien, une même quantité de sang a fourni : 7^{cc},31 d'oxygène et 0^{cc},81 d'acide carbonique, quand il provenait de l'artère ; 5^{cc},00 d'oxygène et 2^{cc},50 d'acide carbonique, quand il était fourni par la veine et que le muscle qu'il venait de traverser était resté à l'état de repos ; mais ce sang contenait 4^{cc},28 d'oxygène et 4^{cc},20 d'acide carbonique quand cet organe était dans un état de contraction complète. Enfin, après la paralysie du muscle déterminée par la section du nerf, le sang veineux provenant de ce muscle ne différait pas notablement du sang artériel qui s'y rendait (*b*).

(3) Beaucoup de recherches intéressantes ont été faites sur ce sujet depuis quelques années (*c*).

(*a*) Matteucci, *Littere sull' elettrofisiologie*, 1867, p. 36.

(*b*) Cl. Bernard, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, p. 221.

(*c*) Meissner, *Zur Kenntniss der Stoffmetamorphose im Muskel* (*Nachtr. v. d. Univers zu Göttingen*, 1861 et 1862).

— Borsjezow, *Nachweisung der Milchsäure als normalen Bestandtheils der lebenden Muskelfaser* (*Würzburg naturwissensch. Zeitschr.*, 1861, t. II, p. 65).

— Wittich, *Mittheil. aus der physiol. Instit. in Königsberg*, 1862.

— Sarokow, *Zur Physiol. des Muskelstoffwechsels* (*Arch. für pathol. Physiol.*, 1862, t. XXVIII, p. 544).

substances qui semblent être des produits de la combustion de certaines matières organiques, la créatine, la créatinine et l'acide lactique, par exemple. Or, la proportion de ces matières est moins grande après le repos fonctionnel qu'après un exercice prolongé. Il y a même des raisons de croire que le sentiment de la fatigue, qui est la conséquence d'une certaine prolongation de l'action musculaire, dépend de l'accumulation de ces produits excrémentitiels dans le tissu contractile (1).

Relations entre la combustion physiologique et le développement de la force musculaire.

§ 9. — Si l'attraction intermoléculaire, à l'aide de laquelle j'ai cherché à expliquer le mécanisme de la contraction musculaire, a effectivement sa source dans les phénomènes de combustions physiologiques dont les muscles sont le siége, ou résulte d'autres phénomènes chimiques du même ordre, on comprend facilement que sa puissance puisse varier ; car, d'une part, ces réactions varient d'intensité sous l'influence de diverses causes connues, et, d'autre part, la physique nous apprend que ces mêmes réactions sont accompagnées d'un développement de force qui peut se manifester sous la forme de chaleur ou se transformer en une quantité correspondante de travail mécanique. Les idées théoriques nouvelles relatives à l'équivalence mécanique de la chaleur trouvent donc ici une application, et nous nous voyons conduits à reprendre des questions dont nous nous sommes occupés en étudiant la production de la chaleur animale et le travail nutritif en général (2).

(1) M. Ranke a constaté que pour produire artificiellement tous les effets de la fatigue, il suffit d'injecter de l'acide lactique dans le tissu des muscles (*a*).

(2) Vers le milieu du XVII[e] siècle,

— Neubauer, *Ueber quantative Kreatin- und Kreatininbestimmung im Muskelfleisch* (*Zeitschr. für analyt. Chemie*, 1863, t. II, p. 22).

— Herrmann, *Untersuch. über den Stoffwechsel der Muskeln*, 1867.

— O. Nasse, *Beiträge zur Physiol. der contractilen Substanz* (Pflüger's *Archiv f. die gesammte Physiol.*, 1869, t. II, p. 97).

— Limpricht, *Ueber einige Bestandtheile der Fleischflüssigkeit* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CXXXIII, 1863). — *On the Sugar of Muscle* (*Journ. of Anat. and Physiol.*, 1867, p. 275).

— Macdonnell, *Rech. sur la matière des tissus fœtaux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1865, t. LX, p. 963).

(*a*) Ranke, *Tetanus, eine physiologische Studie*, 1865.

Je rappellerai d'abord que nous avons vu le développement de chaleur augmenter avec l'augmentation de l'action musculaire. Le muscle, ai-je dit, s'échauffe chaque fois qu'il se contracte (1), et chez les Insectes, où le système musculaire constitue la plus grande partie de la masse du corps et où la puissance mécanique déployée par l'appareil locomoteur est extrêmement considérable, nous avons vu la température de l'Animal s'élever rapidement dès que les mouvements deviennent violents, comme cela a lieu pendant le vol (2). Mais l'excès de chaleur sensible dans ces circonstances n'est pas proportionnel à l'excès des combinaisons chimiques effectuées en

l'un des précurseurs de Lavoisier, J. Mayow, dont j'ai déjà eu l'occasion de citer les vues remarquables au sujet de la respiration (a), avait deviné plutôt que constaté la source de la force musculaire (b); mais, pour bien saisir sa pensée, il est nécessaire de reproduire en langage moderne les expressions surannées qu'il employait. Effectivement, il s'est appliqué à établir que la production de cette force est une conséquence du conflit (ou combinaison) entre des parties sulfureuses, c'est-à-dire combustibles du sang, parties qu'il compare à la graisse, et les esprits animaux ou particules d'esprit nitro-aérien, c'est-à-dire de l'élément comburant de l'atmosphère, auquel nous donnons aujourd'hui le nom d'oxygène. Cette conception était obscurcie par une certaine confusion entre l'influence nerveuse et le rôle du principe comburant; mais il n'en est pas moins vrai que Mayow avait, il y a deux siècles, sur la nature de la force musculaire, des idées fort analogues à celles professées aujourd'hui par la plupart des physiologistes, des chimistes et des physiciens, et fondées sur les découvertes les plus récentes relatives à la théorie mécanique de la chaleur.

(1) Voyez tome VIII, page 69.

(2) Voyez tome VIII, page 71.

Depuis la publication du volume que je viens de citer, de nouvelles recherches sur ce sujet ont été faites par M. Maurice Girard, et à l'aide d'observations thermométriques, ce naturaliste a pu constater que c'est dans la région thoracique (par conséquent là où se trouvent les muscles dont l'action détermine les mouvements des ailes) que l'élévation de température est la plus marquée pendant les mouvements du vol. Chez les Bourdons et les Sphinx, la différence entre le thorax et l'abdomen s'est élevée parfois jusqu'à 8 ou 10 degrés centigrades (c).

(a) Voyez tome I[er], page 390.

(b) J. Mayow, *De motu musculari* (*Tractatus quinque medico-physici*, Oxfordi, 1674).

(c) Girard, *Étude sur la chaleur libre dégagée par les Animaux invertébrés, et spécialement les Insectes* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, 1869, t. XI, p. 270).

même temps dans les profondeurs de l'organisme; et des expériences de M. Béclard, dont il a été déjà question dans ce cours (1), ainsi que les observations plus récentes et plus probantes de M. Hirn (de Colmar), tendent à établir que, durant le travail d'un muscle, la chaleur produite par la combustion physiologique se partage en deux parties complémentaires, dont l'une se manifeste comme chaleur sensible et règle la température de l'organe, tandis que l'autre, au lieu de se montrer sous cette forme, devient de la puissance mécanique et communique au muscle la faculté d'exécuter une certaine quantité de travail (2). On a donc pu comparer le muscle à une ma-

(1) Voyez tome VIII, p. 72, note 1.

(2) On doit à M. Gavarret un exposé très-lucide et très-instructif de l'état actuel de nos connaissances sur cette partie de la physique physiologique, et pour donner une idée nette des recherches de M. Hirn (*a*), je ne saurais mieux faire que de rapporter ici l'analyse que cet auteur en a donnée :

« Quand un Homme monte un escalier ou une rampe, son système musculaire, en se contractant, accomplit un travail mécanique *positif*, égal au produit du poids de son corps par la hauteur de l'ascension. Quand, au contraire, cet Homme descend une rampe ou un escalier, la contraction musculaire est employée à chaque instant à contre-balancer la vitesse que lui communique la pesanteur, elle accomplit en réalité un travail *négatif*, et finalement détruit, par résistances successives, la *force vive* que la pesanteur aurait communiquée à son corps, s'il était tombé verticalement de toute la hauteur de la descente effectuée. Après avoir mesuré la quantité de chaleur sensible que produit chaque gramme d'oxygène consommé par un Homme en repos, M. Hirn a exécuté des déterminations du même genre sur le même Homme, tantôt pendant le travail d'ascension, tantôt pendant le travail de descente. Pendant que l'Homme monte, la quantité d'oxygène consommé augmente, et les combustions sont plus actives; mais chaque gramme d'oxygène développe une *moins grande* quantité de chaleur sensible que pendant le repos; il disparaît donc une certaine quantité de chaleur qui se transforme réellement en travail mécanique. La quantité d'oxygène consommé et l'activité des combustions internes augmentent aussi pendant la descente; mais les mesures calorimétriques indiquent que, dans ce cas, la chaleur sensible dégagée dans le corps de l'Homme est *supérieure* à celle que peut produire l'oxygène consommé; la force vive détruite pendant la descente s'est donc transformée en chaleur et a contribué pour sa part à l'élévation de température observée.

» Toutes ces expériences s'accordent

(*a*) Hirn, *Esquisse élément. de la théorie mécanique de la chaleur*, 2ᵉ lecture *Bull. de la Soc. d'Hist. nat. de Colmar*, 1863, p. 16 et suiv.).

chine à vapeur qui utilise la chaleur pour produire du travail, et appeler, avec raison, cet organe un moteur animé.

pour montrer que, dans le système musculaire d'un Animal qui effectue un *travail positif* (soulèvement de poids, traction d'un fardeau, etc.), tout se passe comme dans une machine à feu ordinaire. Pendant que le muscle *travaille*, la chaleur produite par les combustions internes se partage en deux parties complémentaires : l'une apparaît comme chaleur sensible et règle la température du muscle ; l'autre *disparaît en tant que chaleur sensible*, et, par l'intermédiaire de la contraction musculaire, *se transforme en travail mécanique*. Le muscle est un *moteur animé* qui, comme la machine à vapeur, utilise la chaleur pour produire du travail : dans l'un et l'autre cas, il y a nécessairement *équivalence* entre la chaleur disparue, consommée et le travail extérieur produit.

» En réalité, dans quelques conditions qu'elle s'effectue, à une contraction musculaire d'intensité déterminée correspondent une combustion interne et une production de chaleur d'intensité également déterminée ; c'est aussi une portion déterminée de cette chaleur produite qui disparaît comme agent thermique et est transformée en contractilité. Si le muscle contracté exerce une *simple pression* ou une *pure traction*, sans *soulèvement de poids*, sans *travail extérieur*, toute cette chaleur momentanément transformée en contractilité reparaît à l'état de *chaleur sensible* quand le muscle se relâche. Si, au contraire, le muscle *soulève un poids*, produit un *travail extérieur*, une quantité de chaleur *équivalente* à ce travail extérieur effectué est à jamais perdue comme *chaleur sensible*. Que le muscle *opère une simple pression* ou *soulève un poids*, *la dépense* supportée par l'organisme est donc *la même* ; il n'y a de différence que dans la manière dont cette dépense est utilisée. Dans le premier cas, la combustion intérieure est *tout entière* représentée par de *la chaleur sensible* ; dans le second cas, cette combustion a pour *équivalent* une certaine quantité de *chaleur sensible* et un *travail mécanique* effectué. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, la *manifestation extérieure purement calorifique*, ou à la fois *calorifique et mécanique*, est l'*équivalent du travail intérieur de combustion*.

» Au point de vue mécanique, la contractilité joue dans le muscle le même rôle que l'élasticité de la vapeur dans la locomobile ; elles sont l'une et l'autre de vrais agents de transformation de la chaleur en travail. De là découle naturellement, fatalement, l'ordre de succession des phénomènes accomplis dans les masses musculaires. L'action productrice de la chose transformée étant nécessairement antérieure à l'intervention de l'agent de transformation, la combustion des matériaux organiques du sang précède nécessairement la mise en jeu de la contractilité. L'action chimique s'effectue la première et produit la chaleur ; puis la contractilité entre en jeu, et la fibre musculaire absorbe, consomme une portion de cette chaleur ; enfin, suivant qu'il produit une *simple pression* ou un *soulèvement de poids*, le muscle rend au monde extérieur,

L'oxygène, que le sang artériel puise dans l'atmosphère pendant l'acte de la respiration, et que ce fluide nourricier porte dans

sous la forme de chaleur *sensible* ou de *travail mécanique*, toute la chaleur qu'au début il a empruntée au foyer de combustion pour entrer en action. Comme l'élasticité de la vapeur, l'activité propre du muscle prend donc en réalité son origine dans une simple combustion, dans l'action de l'oxygène sur les matériaux du sang. La contractilité est nécessairement une activité de même ordre que l'affinité chimique d'où elle dérive et le dégagement de chaleur ou le travail mécanique auquel elle aboutit; ce qu'elle a de *spécial*, elle l'emprunte à la spécialité de nature, de texture et de composition de la fibre musculaire qui lui sert de support. La contractilité nous apparaît en définitive comme une modalité dynamique soumise aux mêmes lois que toutes les autres, et rattachée, par le principe de la *transformation par voie d'équivalence*, aux grands agents du monde extérieur.

» Lorsque l'Animal est à l'état de repos, la chaleur produite par les combustions internes se partage en deux portions distinctes : l'une, la plus considérable, reste à l'état de chaleur sensible ; l'autre est utilisée pour produire les contractions musculaires nécessaires à l'entretien de la circulation, de la respiration et au jeu de toutes les fonctions. Pour se contracter, le cœur consomme une certaine quantité de chaleur; mais son travail est tout entier employé à communiquer au sang une *vitesse* qui est *détruite* par le frottement du liquide contre les parois des vaisseaux ; cette chaleur est donc *rendue en entier* à l'économie. Les mouvements alternatifs et de sens contraires des parois thoraciques pendant la respiration s'accompagnent nécessairement du soulèvement et de l'abaissement alternatifs d'une masse d'air extérieur égale à la masse du gaz introduit dans la cavité pulmonaire pendant l'inspiration et expulsé pendant l'expiration ; ici donc encore il n'y a pas en réalité de travail extérieur produit, et la chaleur *momentanément* consommée par la contraction des muscles respirateurs est en entier rendue à l'économie. Tant que l'Animal est en repos, le travail produit par les contractions musculaires indispensables à l'entretien des fonctions est *tout intérieur*, rien ne peut donc être perdu. Si une portion de la chaleur développée par les combustions respiratoires est consommée par ces contractions, *la transformation n'est que momentanée, et finalement toute l'énergie potentielle des éléments organiques brûlés se trouve utilisée comme chaleur sensible* (a). Il n'en est plus de même lorsque l'Animal soulève un fardeau ou exécute tout autre travail mécanique ; une quantité de chaleur *équivalente* au travail extérieur effectué est nécessairement et définitivement perdue pour l'économie.

» Dans les expériences de M. Hirn,

(a) « Cette chaleur, ajoute M. Gavarret, sert à maintenir *constante* la température propre de l'Animal; elle compense celle que l'économie perd à chaque instant par rayonnement, et celle que lui enlèvent le contact du milieu ambiant, l'air de l'expiration qui s'est échauffé dans la cavité thoracique, et l'évaporation de l'eau à la surface de la peau et de la muqueuse pulmonaire. »

les profondeurs du muscle, est évidemment l'agent qui entretient la combustion physiologique, dont dépendent à la fois la

les Hommes se livraient à un exercice analogue à l'ascension d'une montagne : ils montaient sur une roue tournante dont les échelons fuyaient incessamment sous leurs pieds. De tous les sujets soumis à son observation, celui qui a donné les meilleurs résultats dynamiques a produit en une heure 33 000 unités de travail. Avant cette expérience, cet Homme, en repos, consommait 30 grammes d'oxygène par heure; son pouls était à 80 pulsations par minute, le nombre de ses inspirations était de 18 par minute; le volume d'air inspiré et expiré en une heure était de 700 litres. Après une heure d'ascension sur la roue, pendant laquelle cet Homme avait produit 33 000 unités de travail, le pouls était à 140, et les inspirations à 30 par minute. Pendant l'expérience, l'amplitude des mouvements des parois thoraciques était devenue double, car le volume d'air inspiré et expiré s'était élevé à 2300 litres par heure ; enfin, pendant cette heure d'ascension, cet Homme avait consommé 132 grammes d'oxygène. Les recherches de physiologie les plus exactes nous autorisent à admettre que chez l'Homme les *quatre cinquièmes* de la chaleur développée par les combustions internes sont produits par la transformation du carbone en acide carbonique, *un cinquième* seulement par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène ; d'où il résulte que chaque gramme d'oxygène consommé développe dans l'économie 3,22 unités de chaleur (*a*). A l'état de repos, l'Homme observé par Hirn produisit donc par heure 97 unités de chaleur, *tout entières* employées à maintenir sa température propre. Nous savons, en effet, que les contractions musculaires nécessaires à l'entretien du jeu de la circulation, de la respiration et des autres fonctions rendent définitivement à l'économie toute la chaleur qu'elles ont momentanément empruntée aux combustions internes. Pendant une heure d'ascension, les combustions intérieures ont fourni 425 unités de chaleur, qui représentent 180 625 unités de *force mécanique disponible*, et l'Homme n'a produit en définitive que 33 000 unités de *travail extérieur utile*. Le *rendement* du système musculaire de l'Homme, employé comme *moteur*, c'est-à-dire le rapport du *travail utile* à la *force disponible*, est donc de *dix-huit centièmes*. Cette estimation du rendement du système musculaire s'accorde avec celle qu'en a donnée M. Helmholtz; les recherches de cet habile expérimentateur tendent, en effet, à établir que l'Homme ne peut utiliser en travail extérieur qu'un *cinquième* de la chaleur développée dans le corps. Il est d'ailleurs facile de comprendre pourquoi la totalité de la chaleur produite par les combustions internes ne peut jamais être transformée en travail externe utile. En effet, l'Animal ne peut pas tra-

(*a*) « Cette évaluation est notablement inférieure à celle de M. Hirn. Cet habile observateur admet que chaque gramme d'oxygène consommé produit 5 unités de chaleur : ce nombre est évidemment trop fort ; car, en supposant qu'il se combinât tout entier avec l'hydrogène, un gramme d'oxygène ne développerait que 4,31 unités de chaleur. »

chaleur thermométrique de cet organe et sa puissance mécanique (1). Mais le physiologiste doit se demander aussi quelles sont les matières combustibles qui paraissent être brûlées dans l'organisme pour la production de la force communiquée de la

vailler sans que la circulation, la respiration, etc., deviennent plus actives, sans que le jeu des muscles et des articulations détermine des frottements ; cette exagération des fonctions et ces frottements représentent un *travail intérieur* nécessaire à la mise en jeu de la contractilité musculaire, et qui retient dans l'économie une partie de la chaleur développée par les combustions respiratoires. Ce *travail intérieur* inévitable consomme une partie de la force disponible et joue dans la machine animale le même rôle que les frottements et les pertes de toute nature dans les machines ordinaires. Ajoutons encore que chez un Animal qui travaille, les diverses parties du corps éprouvent nécessairement des balancements, des déplacements relatifs qui consomment une certaine quantité de force perdue pour le travail *utile*.

» En résumé, pendant une heure d'ascension, l'Homme qui fait le sujet de cette observation a consommé 132 grammes d'oxygène et produit 425 unités de chaleur, dont 78 *utilisées*, *transformées*, ont fourni 33 000 unités de *travail utile*. Si, des 347 unités de chaleur nous retranchons les 97 qui étaient nécessaires pour maintenir la température propre et le jeu des fonctions de cet Homme à l'*état de repos*, il reste encore 250 unités de chaleur *disponible*, dont une portion notable, mais fort difficile à mesurer, consommée par les balancements de la tête, du tronc et des bras, est perdue pour le travail *utile*. Enfin, après toutes ces défalcations, il reste une certaine quantité de chaleur ou de force disponible qui a servi à faire face à l'augmentation d'activité de la circulation de la respiration, etc., etc., et aux frottements musculaires et articulaires ; transformée *momentanément* en *travail intérieur*, elle a été définitivement rendue à l'économie en *chaleur sensible*, qui, d'une part, a servi à produire une élévation de la température du corps, et, d'autre part, a été emportée au dehors par le rayonnement, le contact de l'air avec la peau et la muqueuse des voies respiratoires, l'évaporation cutanée et pulmonaire, considérablement augmentées pendant le travail d'ascension (*a*). »

(1) Le sang artériel injecté dans les vaisseaux ramène la contractilité dans les muscles qui viennent de prendre cette propriété ; mais ni le sang noir, ni le sang privé de globules, n'agissent de la sorte, et M. Brown-Séquard a constaté que cette faculté révivifiante du sang rouge est d'autant plus prononcée, que ce liquide contient plus d'oxygène libre (*b*).

(*a*) Gavarret, *Phénomènes physiques de la vie*, p. 134 et suiv.

(*b*) Brown-Séquard, *Rech. expérimentales* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1855, t. XLI, p. 629).

sorte aux muscles. Un chimiste célèbre de l'Allemagne, Liebig, avait supposé que la force mécanique était développée par la destruction des parties vivantes, tandis que le dégagement de chaleur serait la conséquence de la combustion des matières alimentaires dites respiratoires que le travail digestif verse dans le sang, et que le torrent de la circulation transporte dans toutes les parties de l'organisme (1). Cette opinion a prévalu pendant longtemps, et le travail mécanique d'un muscle a été généralement considéré comme étant lié à la destruction de la substance constitutive du tissu contractile et au renouvellement de celui-ci par le travail nutritif. Le combustible employé par l'organisme pour alimenter la combustion vitale dont dépend le développement de la force mécanique serait donc la substance musculaire, c'est-à-dire une matière azotée albuminoïde, et le produit de cette combustion serait principalement de l'urée ou quelque autre composé urinaire de même ordre. Mais l'auteur de la théorie de l'équivalence mécanique de la chaleur, M. Mayer, avait objecté à cette hypothèse que la combustion de toute la masse musculaire du corps humain fournirait à peine la quantité de chaleur nécessaire pour développer la puissance musculaire déployée par un homme en vingt-quatre jours de travail; et d'ailleurs des expériences faites il y a peu d'années par deux savants suisses, MM. Fick et Wislicenus, ont prouvé que l'oxydation des matières albuminoïdes, quelle qu'en soit la provenance, ne peut contribuer que pour une très-petite part à la production de la force musculaire. En effet, sur des hommes qui ne se sustentaient qu'au moyen d'aliments non azotés, ils ont comparé la quantité de produits azotés éliminés de l'économie par la sécrétion rénale durant le repos et durant la réalisation d'un tra-

(1) Liebig attribue à la métamorphose chimique de la substance des muscles contractés le mouvement effectué par ces organes et le développement de chaleur qui accompagne ce mouvement (*a*).

(*a*) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiol. animale*, 1842, p. 37, etc.

vail extérieur mesurable, et ils ont constaté de la sorte que cette quantité est complétement indépendante de l'action musculaire (1). Ils en ont conclu que le développement de la force

(1) Pour jeter de nouvelles lumières sur la nature et la provenance des matières brûlées dans l'économie animale pendant le fonctionnement du système musculaire, MM. Fick et Wislicenus firent sur eux-mêmes la détermination de la quantité d'urée excrétée : 1° pendant une période de repos qui précéda l'ascension projetée ; 2° pendant l'accomplissement du travail nécessaire pour gravir par une pente rapide une montagne haute de 1956 mètres au-dessus du point de départ ; 3° pendant une période de lassitude d'égale durée qui suivit cette ascension laborieuse ; 4° pendant le repos de la nuit suivante. Ils ne firent usage que d'aliments non azotés pendant toute la durée de l'expérience, et ils constatèrent ainsi que dans des temps égaux, l'élimination de l'azote était d'environ un tiers moins élevée durant les périodes de travail et de lassitude que pendant les deux périodes extrêmes correspondantes à un repos presque absolu. Puis, connaissant approximativement la quantité de chaleur que dégage un poids donné d'albumine, ainsi que la quantité de cette matière contenant l'équivalent de l'azote fourni par l'urée excrétée, ils déduisent de ces données la quantité de chaleur ou de travail qui pouvait avoir sa source dans la combustion de cette quantité d'albumine. Enfin, pour obtenir l'autre terme dont ils avaient besoin, savoir la quantité de travail effectuée, ils calculèrent en kilogrammètres : 1° le travail mécanique nécessaire pour élever à la hauteur de 1956 mètres un poids correspondant à celui du corps de chacun des expérimentateurs ; 2° la dépense de force nécessaire à l'accomplissement des autres mouvements physiologiques effectués pendant le même laps de temps. Or, ils conclurent de la comparaison des résultats obtenus de la sorte, que pendant l'ascension, les actions génératrices de la force dans les muscles avaient été au moins trois fois plus grandes que ne le supposerait la combustion des matières plastiques consommées (a).

Lorsque MM. Fick et Wislicenus (b) firent ces recherches, on manquait de données précises relativement à la quantité de chaleur dégagée par la transformation des matières albuminoïdes en urée. M. Frankland a comblé cette lacune, et a en même temps discuté de nouveau les résultats constatés par les savants de Zurich dont je viens de rappeler les noms. D'après cet examen, il a été conduit à adopter entièrement leurs vues relatives à la source extra-musculaire des combustibles consommés pour la production de la force contractile, et il résume de la manière suivante ses remarques à ce sujet. Pendant l'ascension du Faulhorn, M. Fick a

(a) Playfair, *On the Food of Man in relation to its Useful Work*, 1867.
— Ranke, *Tetanus*. Leipzig, 1865.
(b) Fick et Wislicenus, *Rech. sur l'origine de la force musculaire* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, 1868, t. X, p. 257).

communiquée à ces organes doit avoir sa source, non dans l'usure de leur substance constitutive, mais dans l'oxydation des matières combustibles de toutes sortes, et principalement des composés hydrocarbonés, tels que la graisse ou le sucre contenus dans le fluide nourricier. Mais l'influence du

perdu une quantité d'azote correspondante à 37 grammes de substance musculaire, quantité dont la combustion dans l'organisme pouvait produire, comme énergie effectuée, 68 000 kilogrammètres; le travail externe effectué pendant le même laps de temps était de 129 096 kilogrammètres, et le travail interne (mouvements respiratoires, etc.) de 30 541 : total calculable du travail accompli, 159 637 kilogrammètres. Pour M. Wislicenus, ce dernier total s'élevait à 184 287 kilogrammètres, tandis que la quantité du tissu musculaire représentée par l'azote éliminé ne pouvait, en brûlant, développer qu'une quantité de force égale à 148 656 kilogrammètres. Il donc évident, ajoute M. Frankland, que la force musculaire dépensée par ces deux messieurs dans l'ascension du Faulhorn ne pouvait pas provenir exclusivement de l'oxydation, soit de leurs muscles, soit d'autres constituants azotés de leur corps, puisque le maximum de force pouvant provenir de cette source, dans les circonstances même les plus favorables, est dans les deux cas de moitié moindre que le travail accompli. Mais le déficit devient plus grand, si nous considérons le fait que l'énergie effective, développée par l'oxydation ou la combustion, ne peut pas se transformer entièrement en travail mécanique. Dans les machines à vapeur les mieux construites, on ne peut obtenir, sous forme de force effective mécanique, qu'environ un dixième seulement de l'énergie effective développée par le combustible; et dans le cas de l'Homme, Helmholtz estime qu'on ne peut faire paraître comme travail externe qu'un cinquième de l'énergie développée dans le corps. Cependant des expériences de Heidenhaie tendent à prouver que, dans les circonstances favorables, un muscle peut produire sous forme d'effet mécanique une moitié de l'énergie développée dans ce muscle, l'autre moitié prenant la forme de chaleur. Si nous adoptons cette haute évaluation du travail mécanique qui peut produire l'énergie effective, il faudra multiplier par 2 les nombres ci-dessus représentant le travail calculable accompli, afin d'exprimer l'énergie effective qui a produit ce travail. Nous obtenons alors la comparaison suivante entre l'énergie effective que peut développer la quantité de muscle consumée et l'énergie effective nécessaire pour accomplir le travail exigé pour l'ascension du Faulhorn :

Énergie effective attribuable à la métamorphose des muscles chez M. Fick.	68,690
Énergie effective dépensée........	319,274
Mêmes évaluations pour M. Wislicenus.	68,376
et...	368,574

Or, en prenant la moyenne des deux expériences, il est évident qu'un cinquième à peine de l'énergie effective nécessaire à l'accomplissement du travail exécuté pouvait provenir de la quantité de muscles consumée. Interprétées de la même façon, les expé-

régime azoté sur la puissance musculaire est si incontestable (1), que les physiologistes ne pouvaient se contenter de ce résultat incomplet, et M. Parkes exécuta une longue série d'expériences du même ordre, instituées de manière à lui permettre de mieux apprécier l'ensemble du phénomène.

Cet auteur trouva ainsi que les *ingesta* de l'azote restant les mêmes, il y a une légère diminution dans l'excrétion de l'azote pendant la période d'exercice ordinaire comparée à la période de repos ; que cette diminution devient plus considérable quand le travail augmente et devient forcé, soit que les *ingesta* contiennent de l'azote, soit qu'ils n'en contiennent pas; enfin qu'il y a un excédant faible, mais de longue durée, dans la quantité d'azote excrété pendant la période de repos qui succède à une période de grande activité ; enfin, que pendant le repos, aussi bien que pendant la période d'activité, l'organisme retient de l'azote, lorsque après la suppression d'éléments azotés, l'usage en est repris, mais que cette fixation d'azote est plus marquée pendant le travail que pendant le repos (2).

riences de M. Smith, du docteur Haughton et de M. Playfair (*a*) prouvent la même chose, mais pas d'une manière aussi conclusive (*b*).

Enfin, plus récemment, M. Gavarret a discuté de nouveau ces faits et en a tiré les mêmes conclusions (*c*).

(1) Voyez tome VIII, p. 177.

(2) Les expériences de M. Parkes furent faites sur deux Hommes dont le mode de vie était très-régulier, et sur lesquels on détermina chaque jour les *ingesta* et la totalité des *excreta*, en dosant dans ces dernières matières l'azote de l'urée, l'azote provenant d'autres substances, le chlorure de sodium, et quelquefois l'acide phosphorique, ainsi que l'acide sulfurique. On opéra d'abord dans les conditions ordinaires de la vie, puis avec un régime non azoté et le repos pendant deux jours. Pendant une troisième période, on revint à la nourriture et aux occupations ordinaires; pendant une quatrième période, les sujets firent des marches forcées et

(*a*) Smith, *On the Elimination of Urea and Urinary Water in relation to the Period of the Day, Exertion*, etc. (*Philos. Trans.*, 1861, p. 864).
— Haughton, *On the Natural Constituents of the Urine of Man* (*Dublin Quart. Journ. of Med. Sciences*, 1860.
— Playfair, *On Food* (*Edinb. New Philos. Journ.*, 1854, t. LXVI, p. 262).

(*b*) Frankland, *Sources chimiques du pouvoir musculaire* (*Revue des cours scientifiques*, 1867, t. IV, p. 87).

(*c*) Gavarret, *Des phénomènes physiques de la vie*, 1869, p. 169 et suiv.

Ces faits, qui paraissent avoir été très-bien établis par M. Parkes, ont conduit ce physiologiste à penser que le muscle en activité s'accroît, au lieu de s'user, et que pendant le repos sa substance constitutive se détruit peu à peu ; hypothèse qui s'accorde très-bien avec tout ce que nous savons relativement

eurent un régime non azoté ; puis, on reprit, en faisant le même exercice, le régime ordinaire. Dans une seconde série d'expériences instituées à peu près de même que les précédentes, on tint compte du poids du corps, et l'auteur constata ainsi les résultats suivants : 1° les *ingesta* d'azote restant les mêmes, il y eut une légère augmentation dans l'excrétion de l'azote pendant la période de repos, comparée à la période d'exercice ordinaire. — 2° Il y eut une diminution dans l'excrétion de l'azote par les urines pendant la période de travail forcé, comparée à la période de repos, et ce phénomène était apparent lorsque les *ingesta* de l'azote avaient été supprimés, aussi bien que dans le cas où l'azote était fourni régulièrement à l'organisme. — 3° Il y eut un excédant faible, mais de longue durée, dans l'excrétion de l'azote après la période de grande activité. — 4° L'organisme retint l'azote, lorsque après la suppression d'aliments azotés, de l'azote y fut fourni de nouveau. Ce phénomène se manifesta dans l'état de repos aussi bien que pendant la période de travail, mais était plus marqué dans cette dernière circonstance. L'auteur ajoute : D'après l'ancienne théorie (celle professée par Liebig), le muscle se détruisait plus ou moins pendant son action et réparait ses pertes pendant le repos, et, dans cette hypothèse, il paraissait logique de supposer que l'action du système musculaire serait mesurable par la quantité d'azote éliminé. Mais le fait de la diminution de l'excrétion azotique pendant le travail, et la faiblesse de l'augmentation de cette excrétion après, augmentation qui n'est aucunement en proportion avec la quantité de tissu musculaire réputée détruite, paraissent être complétement en désaccord avec cette idée. D'après la nouvelle théorie, née des expériences des professeurs Fick et Wislicenus, la substance azotée constituant ce muscle serait seulement l'instrument qui, pendant sa contraction, permettrait la transformation de la matière non azotée de s'effectuer, instrument qui, en agissant ainsi, n'éprouverait lui-même aucun changement. A première vue, cette théorie paraît être en accord avec les faits, mais elle ne satisfait pas à toutes les conditions. En effet, elle ne rend pas compte de l'augmentation de l'excrétion azotée pendant le repos, de la diminution de cette élimination pendant le travail, ni de l'augmentation qui se manifeste consécutivement ; elle n'explique pas mieux la rétention de l'azote par l'organisme qui s'observe après le travail s'effectuant sous l'influence d'un régime non azoté. Il y a dans ces faits quelque chose que ni la désassimilation *per se*, ni la stabilité du tissu azoté pendant l'action musculaire, ne peuvent expliquer d'une manière satisfaisante. Il nous faut donc chercher quelque autre explication, et il me semble qu'on ne peut représenter

à l'influence de l'exercice sur le volume des organes de ce genre et à leur atrophie fréquente dans les cas de paralysie (1).

§ 10. — Je ne pourrais, sans m'écarter trop de l'objet principal de cette Leçon, m'arrêter davantage sur la question délicate et encore fort obscure que je viens de toucher ; mais, quoi qu'il en soit au sujet du mode de rénovation et de résorption du tissu contractile, nous voyons, par les expériences diverses dont il vient d'être question, que, dans l'état actuel de nos connaissances, le muscle semble devoir être considéré comme un appareil apte à convertir en travail mécanique la force développée par l'oxydation des matières combustibles de l'économie animale, force qui, n'étant pas employée de la sorte, se manifeste sous la forme de chaleur sensible.

Inspirés par les vues nouvelles des physiciens sur la théorie mécanique de la chaleur, quelques physiologistes ont cherché à apprécier le degré de perfection de la machine animée, considérée comme appareil susceptible de transformer en travail mécanique utile la force développée par les actions chimiques dépendantes de la respiration, ou, en d'autres termes, de la

les faits qu'en admettant que le muscle en activité s'approprie plus d'azote qu'il n'en abandonne, et que pendant le repos, au contraire, il en abandonne plus qu'il n'en retient. En d'autres termes, l'action du muscle, à en juger par ces expériences, ne saurait être liée à la destruction de sa substance, mais se rattache à la production de celle-ci : le muscle en action s'accroîtrait, et au repos son volume diminuerait (*a*).

(1) Il est d'observation vulgaire que l'exercice tend à développer les muscles, et comme preuve de ce fait on cite souvent le volume considérable que les muscles des bras acquièrent chez les Hommes qui accomplissent journellement avec ces organes des travaux rudes (les boulangers, par exemple), tandis que chez d'autres où ce sont les muscles du mollet qui travaillent le plus (les danseurs notamment), ce sont ces derniers muscles qui prennent le plus d'accroissement. L'atrophie musculaire et la dégénérescence graisseuse, qui sont souvent des conséquences de la paralysie, s'expliquent aussi dans l'hypothèse dont il vient d'être question.

(*a*) Parker, *Rech. sur l'élimination de l'azote par les reins et les intestins pendant le repos et pendant l'exercice musculaire sous l'influence d'un régime non azoté.* — *Sur l'élimination de l'azote pendant le repos et l'activité musculaire* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, 1868, t. X, p. 279).

combustion vitale. L'élévation de température que nous avons vue accompagner toujours la contractilité musculaire montre qu'une partie considérable de la force rendue disponible par ces phénomènes chimiques n'est pas utilisée de la sorte ; cependant il résulte des calculs de M. Hirn, que le système musculaire de l'Homme est un moteur dont le rendement est supérieur à celui des machines à vapeur les mieux construites ; celles-ci n'utilisent que 12 centièmes de la force disponible, tandis que le rendement de la machine vivante dont il vient d'être question est évalué par ce savant à 18 centièmes. L'organisme serait donc un moteur plus parfait qu'aucun de ceux exécutés par l'industrie humaine.

En résumé, la puissance musculaire d'un Animal dépend essentiellement de deux choses, de la quantité de combustible qu'il brûle en un temps donné, et de son aptitude à transformer en travail mécanique la force développée par cette action chimique. Nous comprenons donc facilement aujourd'hui comment il se fait que l'activité respiratoire de ces êtres soit toujours en rapport intime avec leur pouvoir de locomotion. Nous avons vu précédemment que la quantité d'oxygène employée de la sorte varie beaucoup suivant les Animaux, et que chez les êtres dont la nature paraît être à peu près la même, elle est, pour un même poids de matière vivante, plus considérable chez les petites espèces que chez les grandes. Il en est encore de même pour la puissance musculaire : des expériences récentes dues à M. Plateau montrent que, pour un poids constant de tissu musculaire, et toutes choses égales d'ailleurs, le travail mécanique effectué est moins grand chez les gros Animaux que chez les petits (1). Mais pour qu'un Animal soit apte à déployer une grande force musculaire, il ne suffit pas qu'il ait une grande puissance respiratoire ; il faut que cette puis-

(1) Je reviendrai sur ce sujet en parlant de la locomotion.

sance soit susceptible de varier beaucoup suivant que l'organisme est en repos ou en action. Effectivement, si la quantité de force disponible restait constante, l'augmentation de la part attribuée au travail amènerait une diminution dans la part qui se manifeste sous la forme de chaleur sensible, et il en résulterait un refroidissement : or, nous savons que la contraction, loin d'être accompagnée d'un abaissement de température, est suivie d'un effet inverse ; par conséquent, il faut qu'au moment où cette contraction se déclare, la source commune de la chaleur et de la force mécanique, c'est-à-dire l'action chimique, ait augmenté d'intensité. Des stimulants qui mettent en jeu l'irritabilité musculaire doivent donc provoquer à la fois une augmentation de la combustion physiologique qui rend la force disponible, et une transformation plus considérable de cette force en travail mécanique. Du reste, cette augmentation dans l'intensité de la combustion respiratoire est mise en évidence par les expériences dont il a été question dans la première partie de ce cours, et, pour montrer combien elle peut être grande, je me bornerai à indiquer ici un résultat constaté récemment par M. E. Smith. Ce physiologiste a vu que, chez l'Homme, la production de l'acide carbonique peut être sextuplée par l'influence de l'exercice musculaire (1).

(1) Dans une Leçon précédente, j'ai fait mention des expériences de Séguin et de M. Smith sur la consommation comparative de l'oxygène par l'Homme à l'état de repos ou effectuant un travail musculaire (*a*). Ici je me bornerai à ajouter que ce dernier physiologiste trouva que la quantité d'acide carbonique excrété pendant une heure de travail musculaire violent est presque six fois plus grande que celle fournie par le même individu pendant qu'il est en repos et qu'il ne prend pas d'aliments. Sous l'influence de l'alimentation, la production de l'acide carbonique augmentée pendant la période de repos, et la différence entre l'activité de la combustion respiratoire évaluée de la sorte pendant le repos et le travail ne sont plus que dans le rapport de 1 à 4,5 (*b*).

(*a*) Voyez tome VIII, page 163.

(*b*) Smith, *Experimental Researches into the Chemical and other Phenomena of Respiration* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 713).

Rôle du sang.

Il est également évident que la source de la puissance musculaire étant l'oxydation des matières combustibles contenues dans le tissu musculaire ou en contact avec lui, le développement de la puissance contractile, en même temps qu'il est subordonné à l'arrivée du principe comburant, doit être réglé en partie aussi par la quantité de ces matières dont cet appareil à combustion dispose. Or, nous avons vu que le combustible n'est pas la substance constitutive du muscle; il faut donc qu'il soit fourni à celui-ci par le sang, soit directement, soit par l'intermédiaire du fluide plasmique provenant de ce liquide et répandu dans les lacunes interorganiques. Quoi qu'il en soit sous ce dernier rapport, c'est donc le sang qui doit entretenir ce phénomène originaire dont la contraction est une conséquence, et l'on conçoit que si la provision de combustible apportée par le sang est insuffisante ou épuisée, l'irritabilité musculaire doive s'affaiblir et s'éteindre (1).

L'influence du sang est en effet très-grande sur les propriétés physiologiques des muscles. Ainsi on sait, par les expé-

(1) On doit à M. Brown-Séquard des expériences très-intéressantes sur le rétablissement de l'irritabilité dans les muscles morts en apparence et dans l'état de rigidité dite cadavérique, fait que M. Kay avait constaté précédemment (*a*). Sur le cadavre d'un Homme décapité depuis plus de treize heures, dans divers muscles dont l'irritabilité avait disparu depuis plus de deux heures, cette propriété a reparu sous l'influence d'injections sanguines faites dans les artères, et a été maintenue ainsi pendant plusieurs heures. Ce physiologiste a constaté aussi que dans les expériences de ce genre, le sang rouge injecté dans les artères revient par les veines à l'état de sang noir; le liquide a donc perdu de l'oxygène et s'est chargé d'acide carbonique en route (*b*).

M. Brown-Séquard a reconnu aussi que, sous l'influence du sang rouge, les muscles qui se trouvent déjà dans l'état de rigidité cadavérique recouvrent la faculté de produire des courants électriques (*c*).

(*a*) Kay, *Physiological Experiments* (*Edinb. Med. Surg. Journ.*, 1828, t. XXIX, p. 37).

(*b*) Brown-Séquard, *Rech. sur le rétablissement de l'irritabilité musculaire chez un supplicié* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1851, t. XXXII).

(*c*) Idem, *Rech. sur la faculté que possèdent certains éléments du sang de régénérer les propriétés vitales* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc*, 1855, t. XLI, p. 629).

riences de Swammerdam, de Stenon et de plusieurs autres physiologistes du XVIIe et du XVIIIe siècle, que la ligature d'une artère pratiquée de façon à empêcher l'arrivée du sang dans ces organes y détermine la paralysie des mouvements volontaires (1) ; l'irritabilité y persiste plus ou moins longtemps, mais s'y affaiblit de plus en plus, et, lorsque cette propriété vitale a complétement disparu d'un muscle, on peut souvent l'y faire renaître en rétablissant le courant sanguin dans la partie qui paraissait morte. Dans un muscle séparé du corps de l'Animal vivant, l'irritabilité persiste parce que le tissu de cet organe contient une provision de matières combustibles propres à l'entretien du travail chimique dont le développement de la force mécanique est une conséquence, mais on abrége beaucoup la durée de cette faculté si, par le lavage ou autrement, on enlève le liquide plasmique.

§ 11. — La contraction des fibres musculaires, comme nous l'avons déjà vu, a toujours pour résultat le raccourcissement de ces organes et le rapprochement des parties auxquelles leurs extrémités sont fixées. Les mouvements sarcodiques (2) présentent souvent le même caractère général ; mais, d'autres fois, le tissu en action s'allonge sans que cette extension puisse être attribuée à un déplacement de liquides venant d'ailleurs; Mouvements du sarcode.

(1) Ainsi que nous l'avons vu précédemment, la ligature d'une petite artère n'empêche pas la circulation de continuer en aval de l'obstacle par l'intermédiaire des branches anastomotiques (*a*). Mais lorsqu'on lie le tronc de l'aorte ventrale, le passage du sang vers les muscles des membres inférieurs est interrompu d'une manière presque complète, et les effets indiqués ci-dessus se manifestent. Cette expérience a été souvent pratiquée par des physiologistes dont Longet a donné la liste (*b*).

Matteucci a vu que des muscles de Grenouille se contractaient avec plus d'énergie et produisaient des courants électriques plus intenses, quand ils étaient gorgés de sang que lorsqu'ils étaient dans l'état ordinaire (*c*).

(2) Voyez ci-dessus, page 442.

(*a*) Voyez tome Ier, page 319.
(*b*) Longet, *Traité de physiologie*, t. II (1869), p. 614.
(*c*) Matteucci, *Traité des phénomènes électro-physiol.* 1844, p. 110.

chaque portion de sarcode paraît être susceptible de changer de dimension dans tous les sens alternativement, et je suis disposé à croire que ce phénomène dépend d'attractions moléculaires analogues à celles qui se manifestent entre les éléments de la fibre musculaire, mais agissant dans des directions variables. L'allongement d'une expansion sarcodique résulterait des contractions transversales qui repousseraient en avant et en arrière les molécules adjacentes, à peu près comme les éléments de la fibre repoussent latéralement la substance intermédiaire, et déterminent l'élargissement de l'organe chaque fois qu'il se raccourcit. Supposons un muscle extrêmement court et extrêmement large : les effets apparents de sa contraction seront plus considérables dans la direction normale aux fibres que dans la direction de celles-ci, et si ces fibres sont placées transversalement, le système constitué par leur réunion s'allongera chaque fois qu'elles se raccourciront. On conçoit donc que l'allongement d'une expansion de sarcode puisse être une conséquence directe de sa contraction, si celle-ci s'établit transversalement, tandis que le raccourcissement de cette partie résultera du même phénomène, si les attractions moléculaires se développent dans le sens longitudinal (1). Mais je

(1) Une expérience très-curieuse, faite dernièrement par M. Kühne, professeur de physiologie à Amsterdam, met bien en évidence l'analogie qui existe entre le sarcode et la substance musculaire. Ce savant a construit une sorte de muscle artificiel en remplissant avec un mélange de matière protoplasmique et de poussière organique un tube élastique constitué par une portion d'intestin d'Hydrophile ; puis il a soumis à l'action d'un appareil d'induction l'espèce de boudin préparé de la sorte, et, sous l'influence du courant électrique, il y a constaté des mouvements comparables aux contractions d'un muscle vivant (a).

J'ajouterai que les observations de M. Engelmann sur les Amibes et les Arcelles tendent à établir que, sous l'influence de l'irritation électrique, le sarcode acquiert temporairement les propriétés mécaniques d'un liquide (b).

(a) Kühne, *Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität*, p. 51.
(b) Engelmann, *Sur l'irritation électrique des Amibes et des Arcelles* (*Archives néerlandaises*, 1869, t. IV, p. 431).

ne m'arrêterai pas davantage sur ce sujet, car je n'aurais que des hypothèses à présenter, et il suffit de les indiquer brièvement. Je passerai donc à l'examen des phénomènes dus à la contraction volontaire des muscles, dont nous venons d'étudier les propriétés physiologiques, phénomènes dont le plus important est la Locomotion.

FIN DU TOME DIXIÈME.

ERRATA ET ADDENDA

Page 52, note *a*, *ajoutez:* Alix, *Essai sur la forme, la structure et le développement de la plume* (*Bulletin de la Société philomatique*, 1865, p. 213 et suiv.).

Page 73, ligne 5, *au lieu de* Siluriens *lisez* Sélaciens

Page 80, note *b lisez* note *c*
note *c lisez* note *d*
note *d lisez* note *e*
note *e lisez* note *f*
note *f lisez* note *h*

Page 269, note 2, *ajoutez :* Les conclusions que ces auteurs en ont tirées ont été combattues par M. E. Rose, et, en effet, elles sont très-exagérées (Rose, *Die Mechanik des Hüftgelenkes*, in *Arch. für Anat.*, 1865, p. 521). Mais les résultats fournis par les recherches plus récentes de M. Koster sont en accord avec ce que je viens de dire (*Archives néerlandaises*, 1867, t. II, p. 88).

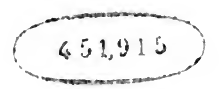


TABLE SOMMAIRE DES MATIÈRES

DU TOME DIXIÈME.

QUATRE-VINGT-CINQUIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-SIXIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-SEPTIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-HUITIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-NEUVIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-DIXIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-ONZIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-DOUZIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-TREIZIÈME LEÇON.

QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME LEÇON.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

AVIS

A partir du mois de juillet 1874, le prix des **Leçons sur la physiologie de l'Homme et des Animaux** a été porté à 12 francs le volume, soit pour les 10 volumes parus à ce jour. 120 fr.

Toutefois, les personnes possédant déjà au moins les tomes I à V peuvent, jusqu'au 30 juin 1875, retirer les volumes suivants au prix ancien de 9 francs. Aucun volume n'est vendu sans tous ceux publiés à la suite.

En outre, et jusqu'à parfait achèvement de l'ouvrage, chacun des volumes qui seront successivement publiés sera également vendu au prix de 9 francs pendant toute l'année qui en suivra la mise en vente.

Après ce délai, le prix en sera porté à 12 francs, comme pour les tomes précédents.

Le présent volume a été publié le 10 juillet 1874.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

